

EL AGUA

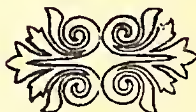
EN LA

AGRICULTURA

POR

Angelio Ruiz de Velasco.

de la Escuela Nacional de Agricultura
y Veterinaria.





MEXICO.



Impreso en los talleres de la Secretaría de Fomento.
1912.

ERRATAS IMPORTANTES

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
9	10	y deja llegar á la tierra todo el calor solar	y favorece la irradiación hacia el espacio, del calor absorbido por la tierra.
22	13	La capilaridad es la propiedad que.........	La capilar es un conjunto de fenómenos que se verifican al ponerse en contacto los sólidos con los líquidos.
23	2	toda su agua	la mayor parte de su agua
44	26	B mayor que P – G	P=G+B
63	7	Las presas son grandes depósitos construídos con.........	Las presas son muros construídos con piedra, ladrillo, ó tierra, para almacenar el agua.
63	15	de composición media	arcillo-arenosa
63	21	pues lo mejor	pero lo mejor
64	30	La disposición natural para construir una presa más favorable	La disposición natural más favorable para construir una presa
68	8	$V=50 \times \sqrt{R \times i}$	$v=50 \times \sqrt{R \times i}$
72	7	á muy corta altura	á gran altura
72	11	aspirante	impelente
83	2	No menciono la madera.........	Los conductos de madera necesitan mayores cuidados para su conservación
83	18	boleo	voleo
86	40	en la mayor parte	en algunas
95	25	con el rodillo	con el rodillo, para que suba agua del subsuelo; no olvidando impedir la evaporación con otro rastreo.
102	3	$C=\frac{h \times s \times v - e f}{t}$	$C=\frac{h \times S - e - f}{t}$

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
102	15	Llamando !	Llamando u
103	16	cuatro meses:	cuatro:
103	39	completo	completo. Veáse la nota de la pág. 124
105	26	las orillas	las orillas de la ciénega
106	26	de un canal	de un acueducto elevado
108	26	que es el único	que en muchas regiones de nuestro país es el único
110	13	jamás secará un terreno	jamás secará completamente
110	21	el conductor	el conducto
119	21	regara 50 acres	y riega 50 acres.

PROLOGO

Cumpliendo con un precepto reglamentario, é impulsado por mi gran amor á la Agricultura, me atrevo á presentaros este humilde trabajo que significa el fruto de mis estudios en la Escuela, utilizando los pocos datos que he podido asimilar de los muchos que he tenido de labios de maestros eminentes y dando á conocer, además, los escasos que he adquirido en mi cortísima carrera por el complicado mundo agrícola.

Con el entusiasmo de la juventud escolar que cifra sus aspiraciones en el bien de la Patria, escogí el estudio del agua en sus relaciones con la Agricultura, y á él me entregué sin saber si la obra emprendida estaba al alcance de mis conocimientos, porque he creído que ese punto es uno de los más interesantes, más urgentes y más hermosos á que pueden dedicarse los hijos de esta Escuela, ya que ellos están llamados á perfeccionar nuestra agricultura nacional, y el agua es el factor, *sine qua non*, de la existencia vegetal.

Por consiguiente, dada mi poca experiencia en estos asuntos, y deseando únicamente cumplir, sin ninguna pretensión, el mandato de la ley, pido vuestra benevolencia.

Escuela Nacional de Agricultura, Mayo de 1912.

A. Ruiz de Velasco.

INTRODUCCION

El agua es el cuerpo más abundante en el exterior de nuestro planeta, ocupa casi las tres cuartas partes de su superficie; forma los mares, lagunas y ríos; constituye la humedad terrestre y atmosférica, así como la mayor parte de los organismos.

Como los cuerpos no pueden combinarse al estado sólido, sino cuando sus moléculas están sumamente divididas, el agua, disolviendo á un gran número de ellos, contribuye á verificarlo, y como precisamente en dichas combinaciones estriba la existencia de los seres, resulta que el agua es el elemento primordial para la vida del hombre. En efecto, sin agua toda manifestación vital es imposible, puesto que la vida de los animales depende directa ó indirectamente de las plantas, y ninguna de éstas puede alimentarse en las puras rocas primitivas, si éstas no son descompuestas con la intervención del agua. Tanto los vegetales como los animales deben al agua su desarrollo; la savia de los primeros y la sangre de los segundos no son más que agua con diversas substancias disueltas, unas y otras en suspensión. La nutrición y reproducción, síntesis de las funciones de la economía viviente, necesitan de la intervención de los líquidos; por eso vemos que tanto los animales como las plantas se multiplican más donde el agua riega y fertiliza la tierra que en donde no sucede tal cosa.

En resumen, este agente es el vehículo principal de ese ciclo evolutivo de transformaciones á que está sujeta la materia, y es difícil concebir un clima enteramente seco sin asociar la idea de su completa esterilidad. Esto nos explica el por qué de los numerosos desiertos esparcidos en la superficie terrestre. Cualquier parte del globo donde se agoten ó reduzcan las fuentes de humedad, tenderá á transformarse rápidamente en desierto por más fértil que sea. Así, mientras los pueblos han atendido á este importantísimo ramo de la Agricultura, han podido alcanzar el máximo de poder y bienestar, y en cuanto estos mismos lo descuidaron, descendieron de su apogeo hasta perderse en las arenas del desierto. Los numerosos períodos de civilización primitiva y contemporánea lo prueban hasta la evidencia, pues ese ha sido y será el destino del hombre mientras la alimentación dependa casi en absoluto de los productos de la Agricultura.

Los terrenos agrícolas carecen muchas veces de las propiedades físicas y químicas que son necesarias á la vida de las plantas, y entonces la Agronomía debe venir en su auxilio, modificando los efectos de los agentes físicos que producen y mantienen la vida vegetal.

La Agronomía estudia la humedad en la atmósfera, en el suelo y en la planta misma, y después de sintetizar los resultados obtenidos, determina los cambios que es preciso hacer, á fin de que los mencionados agentes concurran simultánea ó sucesivamente á determinar la producción más perfecta y económica posible.

Como nuestro objeto es estudiar la influencia del agua en Agricultura, nos fijaremos de preferencia en el agua atmosférica y en la del suelo; la que necesitan las plantas; y por último indicaremos el modo de proporcionarla ó quitarla cuando respectivamente falte ó exceda.

INFLUENCIA

Y

APLICACIONES DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

PRIMERA PARTE

CAPITULO PRIMERO

I. Composición y propiedades del agua

Las propiedades del agua pueden ser físicas, químicas ó fisiológicas, y de este múltiple poder el hombre ha obtenido gran provecho, pues siempre ha sido objeto de estudio y utilizada tanto en la ciencia como en el arte y en la industria. Pero este cuerpo, considerado por los antiguos como uno de los cuatro elementos de la Naturaleza, no fué bien conocido sino hasta cuando Scheele y Lavoisier determinaron su composición en el año de 1770.

El agua pura es un protóxido de hidrógeno, es líquida á la temperartura ordinaria, no tiene sabor ni olor, es transparente é incolora, pero azulada en grandes masas. Se solidifica á 0° centígrados y aumenta de volumen; hierve á 100° centígrados al nivel del mar, aumentando igualmente de volumen, presentando el máximo de densidad y el mínimo de volumen á la temperatura de 4° centígrados. Químicamente es un cuerpo neutro, aunque es susceptible de combinarse.

II. Estudio del agua atmosférica

El agua sola no haría nada; no obraría sin la intervención de ese poderoso agente físico llamado *calor*, principio de toda energía y movimiento, bajo cuya acción el agua se encuentra en los tres estados: sólido, líquido y gaseoso.

La Naturaleza nos presenta el ejemplo de un gran alambique, donde la hoguera está representada por el Sol; la caldera por los mares, siendo la atmósfera el principal condensador y la Tierra el recipiente. Examinemos la destilación de este alambique, en donde el agua que del mar se evapora tiene inevitablemente que volver á él al cabo de más ó menos tiempo, pues como toda materia está sujeta á esa ley general establecida por el gran sabio Lavoisier: "Nada se crea, nada se pierde: la materia es indestructible."

Las colosales masas de agua que el Sol evapora constantemente, son arrastradas por los vientos, que toman distintas direcciones á causa del desequilibrio de la temperatura que puede sobrevenir en los distintos lugares de la Tierra, y avanzan con ellos hasta que encuentran un cuerpo condensador; si se presentan primero llanuras dilatadas, difícilmente se detendrán; pero si se encuentran montañas, y aun más si son boscosas, encontrarán el elemento propio para precipitarse en forma de lluvia. Allí empezará la precipitación, continuando después por lomas y llanuras hasta encontrar un lugar bajo entre las montañas, por donde penetrará con más facilidad al resto del continente. El agua condensada en los montes se reparte, siguiendo estos caminos:

I. Una parte que penetra por las grietas, favorecida más ó menos por su constitución geológica.

II. Otra que absorbe el suelo en razón directa de su permeabilidad y abundancia de bosques y maleza.

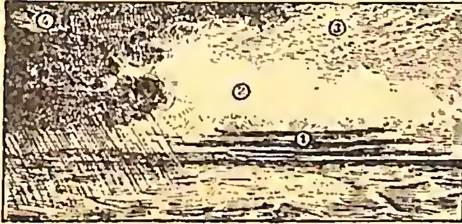
III. La que escurre por la superficie de la tierra en forma de torrentes para ir á alimentar los ríos, y

IV. La que se evapora.

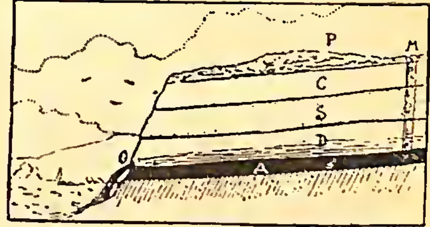
Estudiemos esto con más detención.

El vapor de agua es invisible, pero si su formación continúa aumentando aún después de que el aire se sature por completo, sobreviene la condensación y aparece el agua en

Circulación del agua



1 **El agua del mar**, al evaporarse*, produce las nubes que afectan distintas formas (1, *estratos*; 2, *cumulos*; 3, *cirros*; 4, *nimbos*). Las *nubes*, á su vez, dan lugar á la **lluvia**.



2. La *lluvia* penetra en el suelo hasta que encuentra una capa **A** *impermeable** (arcilla). El agua corre sobre esta capa, y va á salir por **O** donde forma una **fuente ó manantial.**



3. El *agua de lluvia* que no penetra en el suelo, corre por la superficie, y en las montañas faltas de arbolado forma **torrentes** devastadores*. En las pendientes cubiertas de vegetación corre mansamente sin ocasionar daños.



4. En las montañas elevadas, donde el frio es intenso, cae la *nieve* y forma **ventisqueros**, verdaderos rios de hielo que se deslizan lentamente. Al llegar el hielo á regiones menos elevadas, y por tanto más cálidas, se derrite y produce corrientes de agua



5. Las aguas de los *manantiales*, de los *torrentes* ó de los *ventisqueros* se reunen y dan lugar á los **rios** que van á morir ó desaguar al **mar.**

TEXTO

El agua del mar, al evaporarse, forma **nubes**. — Las **nubes** producen la **lluvia** y la **nieve**. La lluvia no es más que el vapor de agua de las nubes liquidado. La *lluvia* y la *nieve* dan nacimiento á los *manantiales*, á los *torrentes* y á los *ventisqueros*, que son el origen de los **ríos** — Los *ríos* devuelven el agua al **mar**. — El agua del mar se evapora para dar ocasión á nuevas nubes, y así indefinidamente.



la forma de esferitas sumamente pequeñas, que constituyen el sereno, rocío, forman las nubes, etc., según el caso.

El vapor de agua es un verdadero regulador de la temperatura del aire así como de la de la superficie de la tierra.

Mientras el aire está más cargado de vapor de agua, es más ligero, puesto que la densidad de éste es menor que la del aire. Un país cuyo aire es seco, como acontece en nuestras Mesas del Norte y del Centro, está sujeto á variaciones extremas en las temperaturas del día á la noche, porque el aire seco es diatérmano y deja llegar á la tierra todo el calor solar, mientras que cuando hay vapor de agua, el calor es absorbido y conservado en gran cantidad (el agua es el cuerpo que absorbe más calor). Mientras el aire es húmedo, más se calienta, y el suelo se calienta menos por estar interceptados los rayos del sol por las nubes ó neblinas.

La influencia bienhechora de la humedad del aire se experimenta por todas partes: en primer lugar, por sí sola es necesaria para conservar la humedad y frescura de los tejidos orgánicos, ejerciendo una acción notable en los organismos vivientes: el aire seco es penoso para la respiración, y la evaporación de la epidermis es mucho mayor; además, cuando el aire está húmedo, arrastra hacia la tierra algunas substancias, como el amoníaco y ácido nítrico, que aumentan la fertilidad.

Mientras el aire no está saturado de vapor, el desprendimiento de éste tiene lugar indefinidamente; pero el punto de saturación varía siempre con la temperatura. Se dice que un aire está saturado, cuando tiene en disolución todo el vapor de agua que pueda contener á una temperatura dada; si un metro cúbico de aire se halla saturado á la temperatura de 5.° C., cesará de estarlo si la temperatura se eleva á 15° C., y podrá admitir mayor cantidad de vapor. Recíprocamente, si la temperatura fuera de 20° C. y se abatiera bruscamente á 5° C., el vapor de agua se condensaría.

La intensidad de la evaporación se mide con los evaporímetros; la cantidad de vapor existente en la atmósfera con los higrómetros [1] y también con los barómetros, aunque de

---

1 *Psicrómetro.*—Se colocan al aire libre y preservados del sol dos termómetros iguales, como los de la lámina 5ª uno al lado del otro. Se envuelve el depósito ó bola del uno con un lienzo muy fino, ó una torcida sumergida en un frasco pequeño de cuello estrecho lleno de agua. Esta sube á lo largo de la tela

una manera vaga, pues sabemos que á una depresión barométrica corresponde un aumento de vapor y viceversa.

En la Mesa Central, la humedad relativa del aire es según el Ing. D. Rafael Barba, de 59mm5, la cual es absorbida en parte por la tierra arable; la evaporación se estima en 8 milímetros al sol y 3 á la sombra en el espacio de veinticuatro horas.

El estado higrométrico del aire, es la relación que hay entre la cantidad de vapor que existe en él á la tempera-

---

que rodea la bola de vidrio, y la evaporación enfría el termómetro humedecido, haciéndole marcar una temperatura, *T'*, más baja que la del aire ambiente.

Se observan las dos temperaturas *T* del termómetro seco, y *T'* del termómetro mojado; se toma la diferencia (*T* - *T'*) y se deduce el grado de humedad del aire con la tabla especial, formada por Mr. Masure con los datos del observatorio de París.

El primer termómetro indica la temperatura del aire en su estado de humedad al tiempo de la observación, y el otro la del aire saturado de vapor.

Hecha la deducción ó resta entre las dos cifras de ambos termómetros, se pasa á practicar la traducción vulgar de estas indicaciones.

Cuando es 100° el grado dado por la tabla, el aire está saturado do vapor en su máximun de humedad.

De 100° á 90°, el aire está muy húmedo.

De 90° á 80°, el aire está húmedo.

De 80° á 70°, el aire está seco.

De 70° á 60°, el aire está muy seco.

De 60° á 50°, es excesiva la sequedad del aire.

A no ser excepcionalmente, el estado higrométrico no desciende por bajo de 50°.

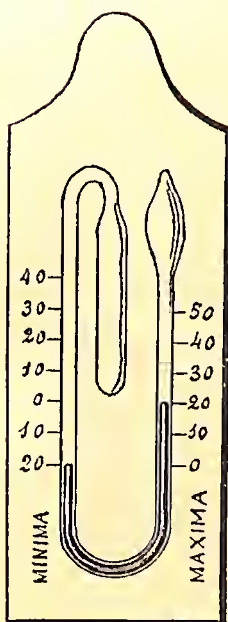
TABLA DEL PSICROMETRO

Estado higrométrico del aire atmosférico por ciento

Temperatura del termómetro humedecido		DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (t—t′)																
t′		0°	0°.5	1	1°.5	2	2°.5	3	3°.5	4	4°.5	5	5°.5	6	6°.5	7	7°.5	8
Depósito cubierto de hielo..........	—10°	100	84	69	55	42	30											
	— 5°	100	87	77	67	57	46	40	32									
	0°	100	91	82	75	67	60	53	48	41	35							
Depósito embebido de agua...........	0°	100	90	81	73	64	57	50	42	36	31							
	5°	100	93	85	77	71	65	59	53	48	43	39						
	10°	100	94	86	81	76	71	66	61	57	54	50	34	41	38			
	15°	100	95	89	84	80	75	71	66	61	57	55	44	49	46	43	41	37
	20°	100	95	91	86	82	78	74	71	66	62	61	52	55	52	48	46	44
	25°	100	96	92	88	84	80	77	74	70	66	65	58	59	56	53	52	50
	30°	100	96	93	89	86	82	79	76	72	70	68	63	64	62	61	60	59
													66					

Lámina 2

Termómetros



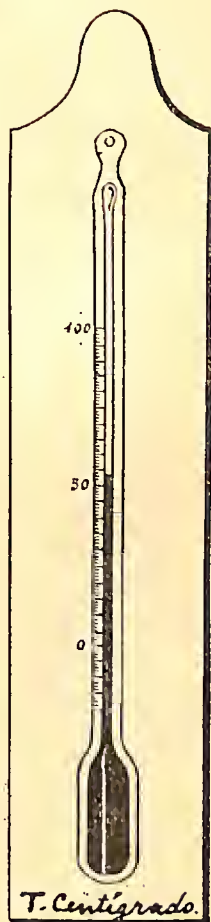
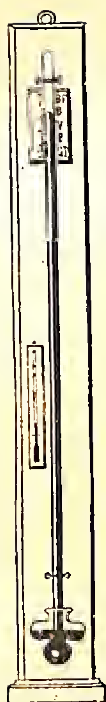
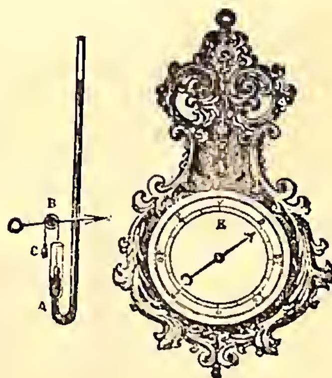


LÁMINA 3

BARÓMETROS



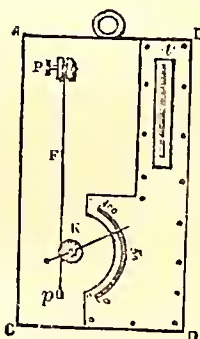
Barómetro



Barómetro de cuadrante

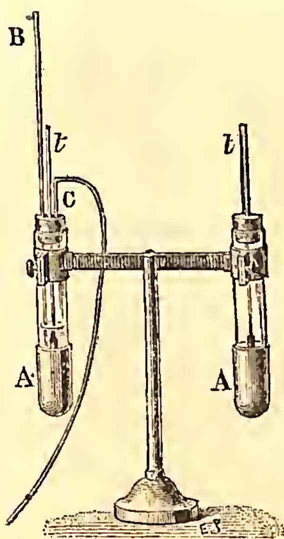
LÁMINA 4

HIGRÓMETROS



Higrómetro de absorción

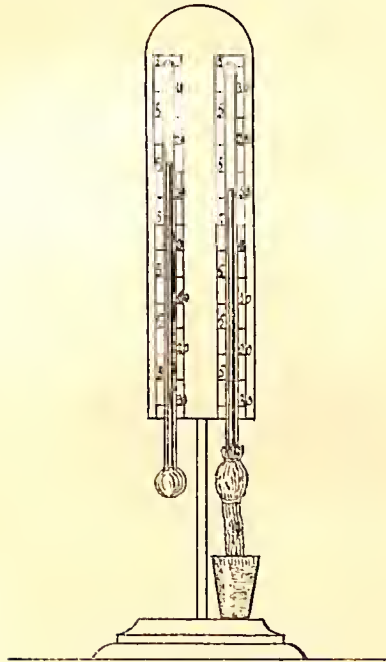
Fórmula del Higrómetro.—Si llamamos f la tensión actual del vapor de agua en el aire á la temperatura t, el estado higrométrico del aire e conocido, es igual á $\frac{f}{F}$.



Higrómetro de condensación

Lámina 5

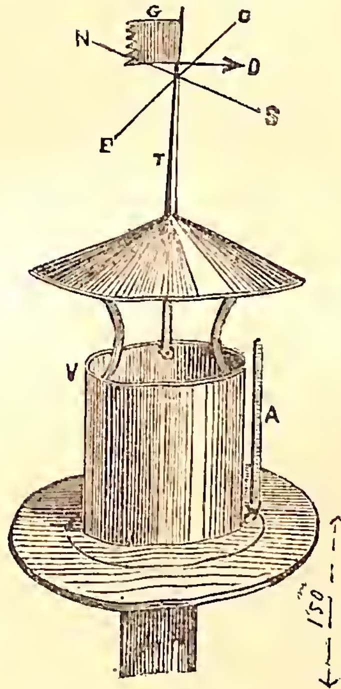
Psicrometro



Fórmula: $A(t-t') = \frac{F'-x}{H}$; $x = F' - HA(t-t')$

LÁMINA 6

EVAPORIMETRO



Evaporímetro con veleta.—Escala de 1:10

Un tubo de vidrio graduado en eentímetros y en milímetros, indica el nivel del agua

"Las observaciones del evaporímetro son muy útiles en agricultura. Cuando hay henos que guadañar y cosechas segadas que secar, se puede saber, sin sacarlas de su sitio, si se secan lenta ó rápidamente. La marcha del evaporímetro indicará también el tiempo de la siega."

tura en que se hace la observación y la cantidad de vapor necesaria para saturarlo á esa misma temperatura.

El aire de un lugar boscoso es más frío y tranquilo que el aire exterior. En consecuencia la evaporación deberá ser menor, así como también la humedad absoluta ó tensión del vapor; pero en cambio, siendo el suelo tan húmedo y habiendo tanta transpiración por las hojas de los vegetales, las dos causas: aumento de vapor y descenso de temperatura, se suman y por eso acercan el punto de saturación; el cociente que representa la humedad relativa deberá aumentar puesto que el divisor disminuye. Esta es una de las grandes influencias que los bosques tienen sobre las lluvias y en general sobre el clima de una comarca.

Cuando el vapor de agua atmosférico se condensa sobre los cuerpos terrestres constituye el rocío; pero si las masas de vapor permanecen en este estado hasta llegar á alturas de tres á cuatro mil metros, en la cual se condensan bajo la forma esferoidal, resultan las nubes, y á la zona en que se forman se le llama por este motivo *región de las nubes.*

Los efectos de las nubes sobre la vegetación son diversos: Estas masas, interceptando los rayos solares, perjudican algunas veces la vegetación, porque al disminuir la luz, y por consiguiente el calor, retardan la maduración de los frutos y protegen el desarrollo de muchos hongos parásitos; pero á pesar de esto su beneficio es mucho mayor, puesto que por una parte disminuye la evaporación del suelo. otras veces lo abrigan, evitando la irradiación del calor hacia el espacio y principalmente proporcionándonos la lluvia. Las nubes se dividen en cuatro grupos, según su clase, forma y altura: cirrus, stratus, cúmulus y nimbus (véase la lámina).

Lluvia, es la caída del agua de las nubes en forma de gotas, producida por una diminución de temperatura cuando la atmósfera está saturada de vapor de agua. Esta precipitación puede ser provocada por los vientos, por las montañas y principalmente por los bosques. (Las láminas 2, 3, 4 y 5 representan los aparatos más necesarios en Meteorología).

III. Composición del agua de lluvia

El agua destilada por la Naturaleza es menos pura que la de nuestros alambiques, pues al atravesar la atmósfera arrastra muchas substancias que disuelve, ó trae únicamente en suspensión. La cantidad y calidad de las substancias aumenta siempre que el aire está seco y agitado. Estas substancias son principalmente: nitratos, sales amoniacales, cloruros y sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, fosfatos, así como varios gases, principalmente oxígeno, ácido carbónico y amoníaco, y además una inmensa variedad de polvos de origen mineral y orgánico.

La presencia de las sales amoniacales en las aguas de lluvia, permite explicar en gran parte su papel fertilizante y el origen del ázoe que se fija en los tejidos vegetales en un suelo estéril, esto es, desprovisto de microbios ó abonos minerales que lo suministren.

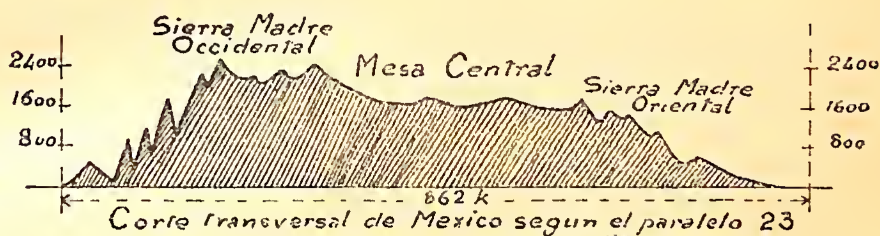
Cavendish, que fué el primero en descubrir la presencia del ázoe en la atmósfera, imaginó que este cuerpo podía ser oxidado por el oxígeno del aire durante las tempestades y formar así el ácido nítrico, pero observaciones posteriores demostraron que el ácido nítrico estaba siempre combinado con el amoníaco.

¿De dónde provenía entonces el nitrato de amoníaco acarreado por las lluvias? El gran químico Liebig, demostró claramente que el nitrato de amoníaco se forma en la atmósfera por la descomposición del vapor de agua meteórica bajo la influencia del rayo. Descompuesto el vapor de agua por la electricidad, quedan libres el hidrógeno y el oxígeno; el primero, combinándose con el nitrógeno, forma amoníaco, mientras que el segundo, oxidando y sobreoxidando el ázoe, lo pone en estado de formar ácido nítrico; combinándose estos cuerpos y un equivalente de agua, pueden suministrar el mencionado nitrato de amoníaco.

Algunos químicos creen que es el ozono y no el oxígeno el que transforma el nitrógeno en ácido nítrico; otros dicen que la mayor parte del amoníaco proviene de la descomposición de las materias orgánicas; pero cualquiera que sea el origen de las materias amoniacales llevadas al suelo por las lluvias, lo cierto es que juegan en él un papel de la más alta importancia.



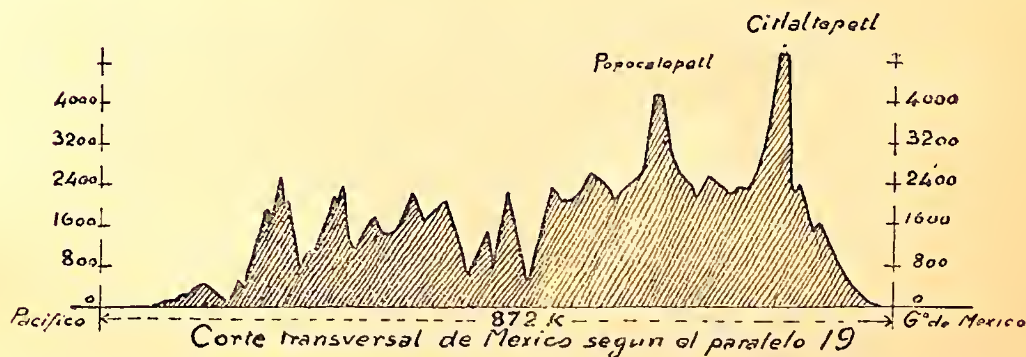
Corte transversal de Mexico segun el paralelo 25



Corte transversal de Mexico segun el paralelo 23



Corte tranversal de Mexico segun el paralelo 21



Corte transversal de Mexico segun el paralelo 19

IV. Influencia del agua sobre el clima

La cantidad y la oportunidad de las lluvias son las causas principales de la fertilidad de los campos, pues en unión del calor desempeñan un papel preponderante en el clima de cada localidad. Este factor tan importante en Agricultura, merece estudio detenido, tanto más, cuanto que es susceptible de sufrir alteraciones, ya sea por causas naturales ó bien por la intervención benéfica ó destructora del hombre.

Todos los pueblos se ocupan actualmente con mayor ó menor eficacia en este asunto, según la inteligencia y previsión de sus habitantes; pero lo que más les obligará á estos cuidados será la necesidad que tengan de asegurar la base y porvenir de la Agricultura, cuando los productos naturales, cuna y sostén de los países agrícolas, se vean seriamente amenazados de destrucción. Así, la República Mexicana, cuya situación sobre el trópico, unida á su orohidrografía tan especial, exige para asegurar su porvenir agrícola, que tanto el Gobierno como el pueblo procuren, en primer término, estudiar, favorecer y multiplicar, por todos los medios posibles, los factores que puedan contribuir á la regularización del clima.

Como sabemos, la mayor parte de nuestro territorio está formado por una gran altiplanicie y dos vertientes exteriores, quedando únicamente fuera, la península de Yucatán y la de la Baja California (véase la lámina 7.ª).

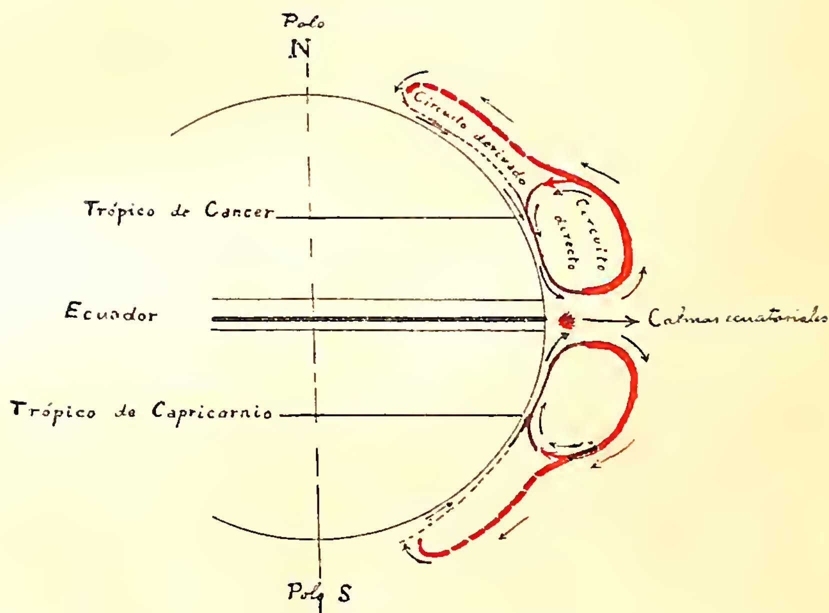
En general, las condiciones climatológicas de las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, aunque en menor grado que antes, pueden considerarse muy buenas para el progreso de la Agricultura, pero las de la altiplanicie, y principalmente en las regiones boreal y central, son muy desfavorables, debido esencialmente á la escasez é irregularidad en el régimen hidráulico, así como á su excesiva pobreza forestal; pues por una parte la gran altura á que se encuentran ó el demasiado calor que reina en parte de ellas, hace que la evaporación sea muy considerable; por otra, la disposición en doble caballete produce torrentes impetuosos que destruyen la tierra arable en tiempo de lluvias, cuyas aguas se pierden en el mar, dejando los cauces

secos, sin que hasta ahora se hayan aprovechado de manera conveniente.

Esta disposición de la altiplanicie fué favorable á la formación de grandes lagos interiores, mantenedores de la humedad que en otros tiempos fué proverbial en las hoy estériles tierras del Norte; pero los ríos se abrieron paso á través de las cordilleras, formando túneles, que después se convirtieron en numerosos cañones ó tajos, por donde vertieron su agua á los océanos.

Por otra parte los vientos alisios (Lámina 8) que atraviesan el Océano Atlántico y Golfo de México, llegan al continente muy ricos en agua; pero al encontrar la Sierra Madre Oriental son desviados por ésta en su mayor parte hacia el Sur, pasando en mucha menor cantidad á las tierras del Oeste, debido á la gran altura de las montañas; por este motivo se van reconcentrando más y más hacia la región ístmica hasta cuando se marca más la estación de lluvias, en la que la corriente alisia se hace tan considerable y lleva tantas nubes, que no es suficiente la refrigeración de la Sierra Madre, y elevándose sobre ella penetran en cantidad creciente, hasta atravesar por completo todo el macizo de la altiplanicie. Además, como la Mesa Central ha sido y es, por desgracia, tan bárbara y codiciosamente talada, se necesita gran cantidad de nubes para que sus desnudas montañas puedan precipitarlas en forma de lluvias, pues las primeras que pasan y gran parte de las demás son nuevamente evaporadas por la terrible irradiación de calor que produce la tierra desnuda. Esto da por resultado una gran demora en dicha estación, que la mayor parte de las veces es fatal á las cosechas, porque aunque los agricultores quisieran sembrar más tarde para esperar la llegada de las aguas, no pueden hacerlo por temor á las heladas tempranas; y todavía á esa tardanza se añade la irregularidad. Las aguas, que al principio son insuficientes en los meses de Agosto y Septiembre, llegan á ser tan excesivas, que, amén de perjudicar los cultivos, producen numerosas inundaciones, debido á que no pueden ser detenidas, y corren libremente en forma torrencial, porque hemos dicho que la mayor parte de las montañas están muy despobladas de bosques, y los habitantes, en vez de propagarlos, protegerlos y contribuir con otras obras de arte para detener el agua, centuplican las talas exageradas y descuidan las captaciones.

LÁMINA 8



Lugar de calentamiento ó punto de enlace del alisio y el contra-alisio

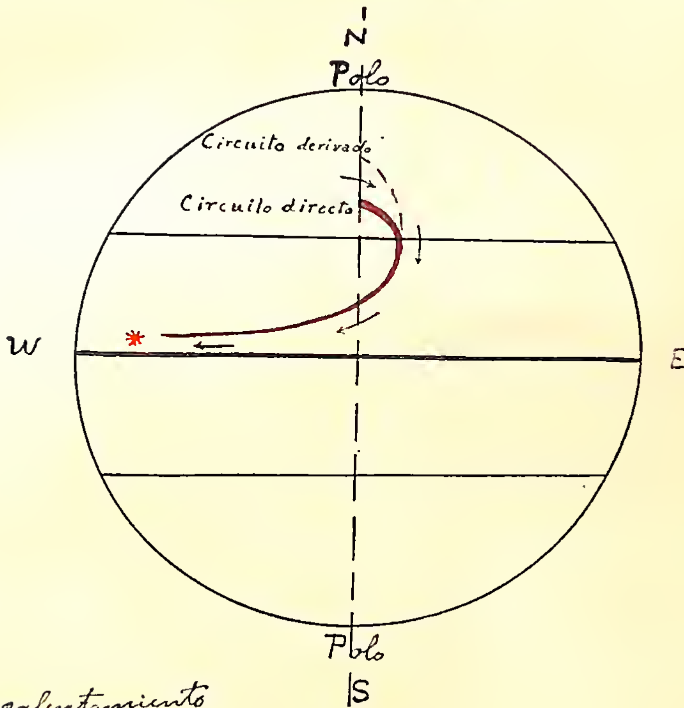
Contra-alisio ó alisio superior.

Alisio inferior ó alisio propiamente dicho.

Vientos alisios, en la hipótesis de que la Tierra estuviera fija, esto es, sin considerar su movimiento de rotación en sentido O.E.

LÁMINA 9

ALISIO DEL HEMISFERIO NORTE

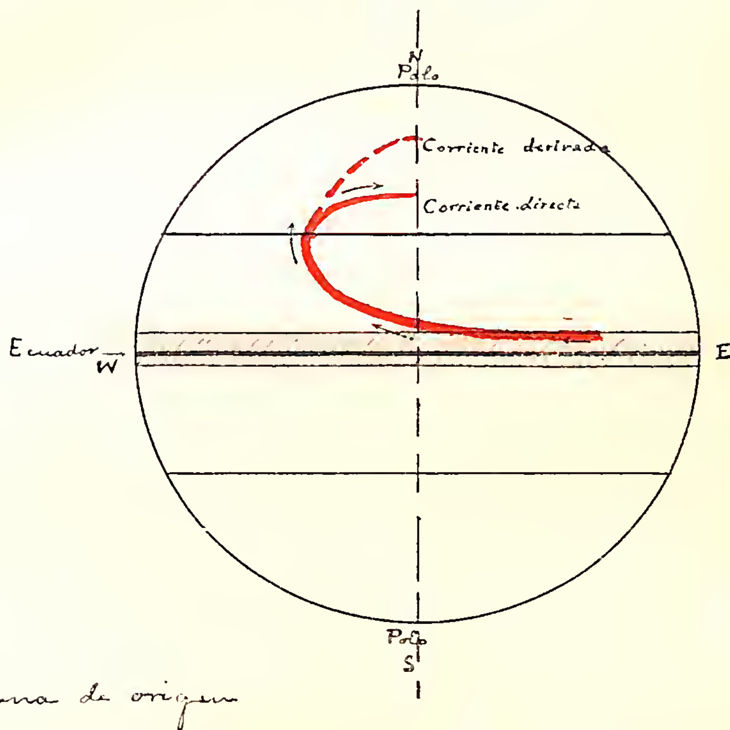


* Zona de calentamiento

Alisio inferior, corriente fría de los Trópicos al Ecuador, cuya dirección es desviada hacia el W. por el movimiento de rotación de la Tierra

Lámina 10

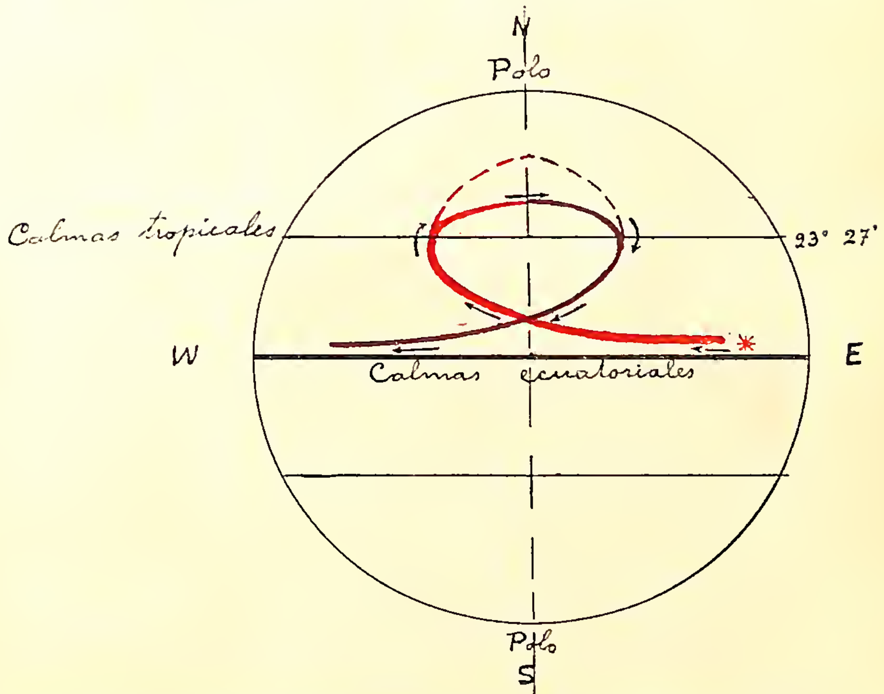
Contra-alisio del Hemisferio Norte



Contra-alisio, corriente cálida del Ecuador á los Trópicos, desviada hacia el W. por la rotación de la Tierra

LÁMINA 11

ALISIO Y CONTRA-ALISIO DEL HEMISFERIO NORTE



El contra-alisio asciende en el Ecuador y sopla hacia los polos por las capas superiores de la atmósfera; en los Trópicos gran parte se enfría, desciende y se cambia en alisio para dirigirse otra vez al Ecuador.

Si esto pasa en la Mesa Central, en la del Norte, menos favorecida por los alisios, las condiciones empeoran.

De la Sierra de Zacatecas hacia el Norte, esa inmensa extensión está compuesta en general por llanuras y lomeríos escuetos y desiertos arenosos, restos del antiguo lago desecado, donde la monotonía del desierto es interrumpida por regiones agrícolas de muy poca extensión, que, exceptuando las cuencas de los grandes ríos y principalmente la del Nazas, pueden considerarse como verdaderos oasis. Allí las lluvias son tan escasas que suman cuando más 300 milímetros anualmente, contándose muchas comarcas que pasan varios años sin recibir lluvias. Los vientos contra-alisios que se forman por el gran calentamiento terrestre, son ardientes y arenosos á semejanza de los que reinan en los grandes desiertos africanos. Los contra-alisios formados en el Océano Pacífico, tienen gran influencia en las costas de este Océano, pues son los que llevan sobre la Sierra Madre Occidental las lluvias.

La sequedad de la atmósfera es otro de los fenómenos predominantes en esa región, siendo á la vez la causa y el efecto de la falta de lluvias; está seco porque no llueve, y no llueve porque en vez de condensador encuentran las nubes una hoguera formada por el calor que produce la desnudez y las ardientes arenas del desierto; pues aunque pasen nubes por su cielo, desaparecen violentamente en forma de vapor, y sólo bajan y se condensan en lluvia donde encuentran vegetación. Tan cierto y riguroso es esto, que personas observadoras han visto que un solo árbol fué suficiente para atraer y precipitar el agua de una nube, que únicamente al pasar encima de él desprendió una columna de lluvia, que se extinguió tan luego como la distancia disminuyó la influencia del árbol.

En muchas partes las pocas aguas que caen se resumen, formando corrientes subterráneas.

La Mesa del Norte es característica en esta clase de corrientes. En estas tierras áridas los ríos subterráneos han socavado el suelo y lo han ahuecado tanto, que salen al exterior bocas ó pozos de grandes abismos, en los cuales se oye el murmullo de las aguas.

Estas corrientes tan valiosas en aquellas regiones, pueden permitir, como lo han hecho en Arizona, convertir el

desierto en vergeles y praderas cuando la inteligencia del hombre ha sabido aprovecharlas.

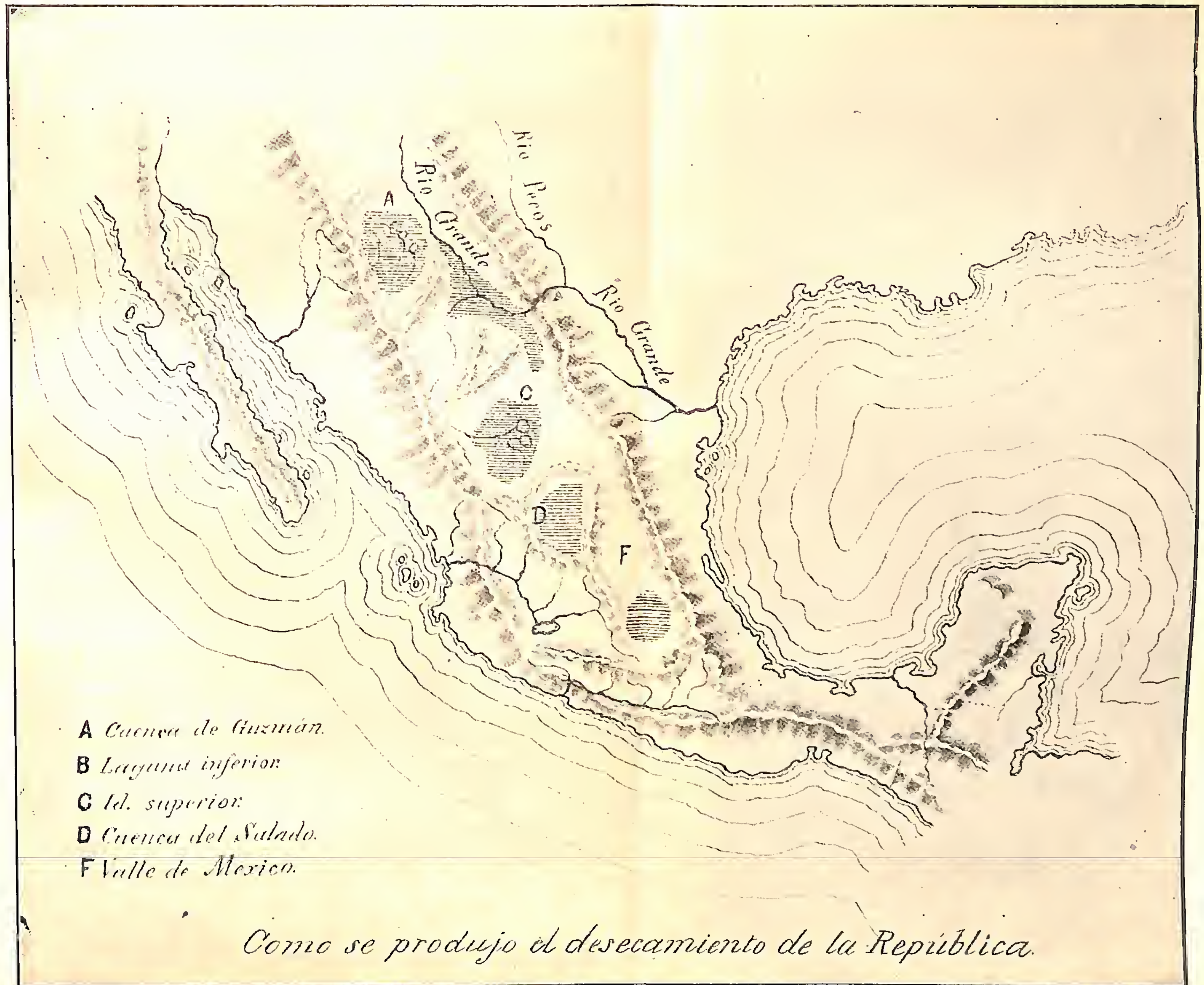
Tal es el desolador aspecto que presenta en su mayor parte la dilatada Mesa del Norte. La historia de su formación nos fué descrita en una de sus conferencias, por nuestro respetable maestro el Sr. Ing. D. Félix Föex (véase la lámina 12).

También pasa lo mismo en los terrenos de Yucatán, donde toda el agua se escapa por las grietas, formando depósitos subterráneos llamados *cenotes,* y otras veces se acumula en pequeñas cuencas llamadas *aguadas,* y el líquido se cubre de una vegetación de plantas acuáticas que acarrean las más veces las calenturas llamadas *malarias.*

Así pues, no existe la tan decantada fertilidad de nuestro territorio, sino en una parte limitada, en comparación á su gran extensión, que cada vez se reduce. En resumen, la irregularidad y escasez de lluvias en la mayor parte de la República, teniendo por origen: la constitución y cambios geológicos, la altura á que se encuentra, su latitud, los vientos que la cruzan, la diminución progresiva de sus bosques, la corriente del Gulf-Stream, y otros factores más, unidos, contribuyen á formar el clima especial tan inmensamente variado de nuestro país.

V. Estaciones del año

En muchos países las cuatro estaciones del año están bien caracterizadas (véase lámina 13); pero en los que tienen latitudes como el nuestro, esas épocas parecen fusionarse en dos: la *de aguas* y la *de secas,* aunque de una duración mucho mayor. Esto se explica por la distinta influencia que el sol ejerce sobre un punto determinado, según el lugar que ocupe en su movimiento aparente alrededor de la tierra; como el sol tiene que recorrer anualmente los dos hemisferios, es claro que sus rayos incidirán perpendicularmente dos veces al año en las regiones ecuatoriales, produciendo en consecuencia dos períodos de lluvia bien marcados (lluvias equinocciales). Por el contrario, los países que están bajo los trópicos, tienen un solo período de lluvias, mucho más largo, porque al partir el sol del ecuador, y á medida que abre el ángulo de la eclíptica, va aumentando su altura

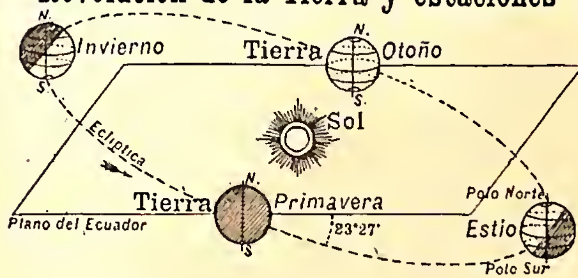


Como se produjo el desecamiento de la República.

Tomada del Boletín núm. 1 de la Estación Agrícola Central

LÁMINA 13

Revolución de la Tierra y estaciones



Estaciones del año

en el horizonte con una velocidad cada vez menor, hasta que llega al trópico respectivo, donde se estaciona aparentemente, para regresar de nuevo al otro hemisferio; pero la permanencia del sol en los trópicos, siendo relativamente más dilatada á causa de sus dos pasos por un mismo lugar, ocasiona un período más prolongado de lluvias.

En nuestro país la estación de lluvias es de Mayo á Septiembre, y la de sequías de Octubre á Abril; pero en esto, como en otros factores del clima, tenemos gran variedad, debido á la forma, situación y accidentes del territorio.

Además de esta larga estación de aguas, en la época de sequías tenemos períodos irregulares de lloviznas persistentes, que, por caer en los meses de Noviembre y Diciembre, son muy eficaces á los trigales de invierno y principalmente á las siembras de temporal.

CAPITULO SEGUNDO

Estudio del agua en el suelo

I. El agua en la formación del suelo arable

La humedad atmosférica, la lluvia, el agua que escurre por la superficie de la tierra, así como la que penetra á su interior, ya sola ó en unión de otros factores, ha sido y es causa de grandes transformaciones en la corteza terrestre. Esta acción puede ser mecánica ó química.

Acción mecánica.—Al caer el agua en la cima de las cordilleras, penetra por las grietas de las rocas primitivas, profundizándolas más y más ya por la erosión continua ó por su fuerza de expansión cuando se hiela; el resultado es que las quiebra y desmorona, hasta que, debido á la pequeñez de las partículas ó á la acción potente de las avenidas, las arrastra hacia el fondo de los valles, y aún allí continúa su acción sobre ellas, rodándolas, frotándolas unas contra otras y desmenuzándolas, hasta constituir las arenas más ó menos finas de los terrenos sedimentarios.

Por su acción química, el agua oxida, hidrata y disuelve, para acarrear después todos estos productos, ayudando poderosamente el oxígeno y el ácido carbónico en la formación de otros compuestos más complicados. Pero la descomposición de las rocas es más ó menos lenta, según su estructura y composición; unas veces se producen descomposiciones simples, pero cuando el agua arrastra una ó muchas substancias en disolución, pueden producirse varias á la vez por las reacciones de unos cuerpos sobre otros. Todas estas materias que resultan de la desagregación y descomposición, unas veces quedan cerca del lugar donde se producen,

pero generalmente son transportadas á grandes distancias y colocadas en capas formadas de granos de un tamaño inversamente proporcional á la distancia de su origen; así, después de desmoronada una roca, los grandes trozos no se moverán, las piedras chicas caminarán algo, el cascajo irá más lejos, la arena gruesa mucho más, y por fin la tierra fina acompañará al agua hasta que ésta encuentre el reposo ó bien atraviese por terrenos que contengan substancias que producen su precipitación.

Por lo que hemos dicho se comprende que las tierras más cercanas á las rocas que las originaron, son generalmente muy pobres y demasiado permeables, y que, por el contrario, las tierras de acarreo de variadísima composición, con partículas de diferentes tamaños y mucho más ricas en materia orgánica, constituyen las mejores tierras para el cultivo.

Los bosques son muy útiles en la formación y conservación de esta clase de suelos, porque los árboles de las montañas no sólo aumentan la condensación y precipitación de las nubes, sino que, á la vez, sirviendo de receptores, detienen el agua é impiden que los torrentes lleven la tierra estéril al fondo de los valles.

II. Terrenos agrícolas

Comenzaremos por decir que generalmente los terrenos agrícolas se consideran formados en tres zonas diferentes superpuestas: suelo activo, subsuelo y suelo inerte. Al primero se le llama así, porque es el asiento principal de una gran actividad microbiana, porque en su seno se verifican las principales combinaciones que preparan los alimentos de la planta, y porque, además, es el que recibe directamente los efectos de la atmósfera, de las labores y de todos los beneficios que la ciencia aconseja para hacer que la tierra proporcione á las plantas el alimento y habitación más convenientes. El subsuelo, como su nombre lo indica, es la capa de tierra que está inmediatamente debajo del suelo activo, generalmente de distinta composición y cuyas propiedades pueden influir sobre la primera. El tercero es una capa de tierra ó roca más ó menos profunda que influye poco sobre la vegetación, pero que algunas veces presenta gran utilidad, cuan-

do se quieren corregir las propiedades de los suelos; ó por lo contrario, puede ser obstáculo para la introducción de plantas de terrenos profundos.

III. Influencia de las propiedades físicas de la tierra sobre la humedad del suelo

La tierra arable, cualquiera que sea su composición, está formada de pequeñas partículas entre las cuales circulan el agua y los gases, debido á los espacios y tubos capilares que dichas partículas forman. Cuando el agua se encuentra únicamente cubriendo la superficie de estos granos, se dice que la tierra está húmeda; pero si además de cubrir los granos ocupa todos los intersticios, se le llama *tierra mojada* (véase la lámina 14).

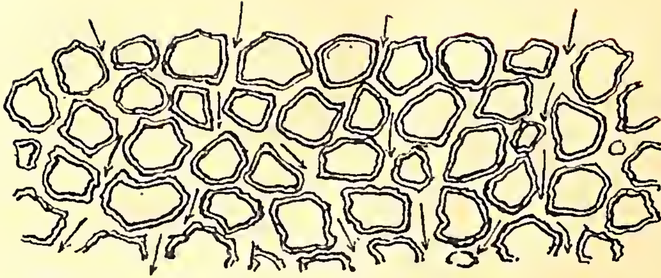
Cuando la tierra está húmeda las substancias que contiene se disuelven fácilmente y permite al mismo tiempo la circulación del aire, que, como sabemos, es indispensable para la respiración de las raíces, para la oxidación de las substancias reductoras y para la vida de los microbios fertilizantes. Este estado de humedad, tan útil á la mayoría de las plantas, varía mucho en cada tierra, pues las funciones mecánicas que el suelo desempeña en la interposición del agua y demás soluciones nutritivas depende de la propiedad del elemento agronómico que predomine; además, es evidente que una tierra estará tanto más seca cuanto mayores sean las partículas que la compongan, puesto que habrá más permeabilidad y mayor superficie de evaporación; en prueba de ello tenemos las tierras arenosas, que se caracterizan por su mayor exigencia de agua; por el contrario, la tierra fina es la que retiene mayor cantidad de agua, aunque en esto influye notablemente la adherencia.

Como en estas y otras muchas razones se funda la superioridad física de unas tierras sobre otras, principalmente en lo referente á la humedad, necesitamos estudiar las principales propiedades físicas que la pueden afectar.

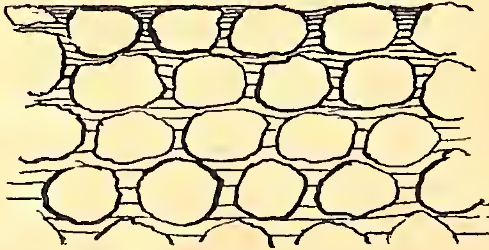
Estas principales propiedades son:

1. Densidad.
2. Tenacidad, dureza, adherencia.
3. Permeabilidad.

LÁMINA 14



Tierra húmeda hasta 15 por ciento en la cual puede circular el aire



Tierra mojada

No circula el aire porque tiene más de 25 por ciento de humedad

4. Capilaridad.
5. Higroscopicidad.
6. Poder absorbente.
7. Aptitud para desecarse.
8. Diminución de volumen por la desecación.

A.—No todos los enunciados nos interesan desde el punto de vista de la humedad, pues, por ejemplo, la tenacidad de una tierra no guarda relación con su facilidad para retener el agua; la calcárea fina y el humus, que poseen esta última propiedad en grado máximo, no son tenaces; sin embargo, para el cultivo es muy interesante considerar y tener presente que cuando aumenta la humedad de una tierra, disminuye la tenacidad, mientras que, por el contrario, la adherencia aumenta, y como es preciso evitar ese endurecimiento del suelo para que las raíces puedan desarrollarse, las labores resultan muy penosas; también deberá tenerse en cuenta que en una tierra dura el riego es difícil, lento é imperfecto.

La tenacidad, la dureza y la adherencia guardan perfecta relación en las tierras; los suelos arcillosos son los más tenaces, duros ó adherentes, y recíprocamente, los arenosos presentan las propiedades contrarias.

De la densidad tampoco nos ocuparemos.

B.—Permeabilidad

La permeabilidad de las tierras es la propiedad que tienen de dar paso al agua á través de ellas. Su importancia es muy grande porque proporciona al interior del suelo bastante humedad, que aprovecha á la mayor parte de las raíces, y cuando su acción es ayudada por otras de las propiedades señaladas, permite que se almacene el líquido por mucho tiempo. En estas condiciones será muy útil á los terrenos inclinados, principalmente si están situados en climás secos y calientes, porque entonces la mayor parte de las lluvias torrenciales podrá ser absorbida y retenida. Por el contrario, en un terreno plano y de subsuelo impermeable, la permeabilidad del suelo activo puede ser perjudicial en ciertos casos. Por esta razón la permeabilidad debe estar siempre en relación con el clima, la inclinación y demás circunstancias locales, así como también con el poder

absorbente, la capilaridad y la adherencia; cuando falta esta relación deben modificarse las condiciones de acuerdo con la Agronomía. Así pues, una buena tierra de labor debe ser á la vez adherente, esponjosa y permeable, y debe haber en ella perfecto equilibrio entre la capilaridad, permeabilidad y absorción, para que ni se seque ni impida la circulación del aire.

La mayor permeabilidad corresponde á la arena y la menor á la arcilla; entre ambos extremos, igualmente deplorables, se encuentra la tierra *franca*, considerada como el tipo de la buena tierra de labor.

C.—Capilaridad

ata La capilaridad es la propiedad que tienen los líquidos que mojan, para ascender por sí solos en los tubos de diámetro muy pequeño (tubos capilares). Obedeciendo á esta propiedad, el agua sube de las capas inferiores á la superficie del suelo, y la tierra puede conservar en sí determinada cantidad de agua.

En el suelo, la importancia de este fenómeno es tan grande que se le puede considerar como la principal de todas sus propiedades, pues sólo por medio de ella puede renovarse el agua que las raíces absorben constantemente; en efecto, las raíces no pueden moverse para buscar á cada instante las substancias disueltas que necesitan para su nutrición, y aunque éstas crecen y se dirigen siempre al lugar más húmedo, es preciso que el agua afluya de los lugares vecinos tan luego como se agote la que está en contacto con ellas.

La capilaridad concuerda con la permeabilidad, y el exceso de ambas es muy perjudicial, pues mientras que por el exceso de permeabilidad se filtra el agua hasta las capas inferiores, la mucha capilaridad favorece la evaporación del agua restante, dejando el suelo completamente seco; pero como veremos después, la acción capilar puede modificarse no sólo con las enmiendas, sino aun sin alterar la composición de la tierra, por medio de labores adecuadas, cuyo efecto es romper y tapar dichos vasos, para que, interrumpido el ascenso y escape del agua al exterior, disminuya la pérdida por evaporación.

De esta concordancia entre la capilaridad y la permea-

bilidad resulta una gran pérdida de humedad; las tierras arenosas, además de perder toda su agua por filtración, presentan el máximo de evaporación, mientras que en las arcillosas observamos el mínimo. En la primera tierra el agua asciende rápidamente y se detiene á poca altura, mientras que en la segunda, aunque la ascensión es lenta, al fin resulta mucho mayor, y tanto más cuanto más delgados sean los tubos capilares, lo que prueba su perfecta sujeción á las leyes de la capilaridad.

En suma, esta propiedad depende: de la proporción de los cuatro elementos agronómicos, de la cantidad de calor, humedad é higroscopicidad del aire, de la naturaleza de los vientos, presión atmosférica, estado de la vegetación y presencia de las sales higroscópicas.

D.—Poder absorbente

Otra propiedad importantísima de las tierras es el poder que tienen de absorber y retener entre sus granos cierta cantidad de líquidos ó gases.

Esta propiedad depende á la vez de la naturaleza física como de la naturaleza química de los elementos de la tierra, es decir, de la composición, estado de división, adherencia y de la afinidad de sus partículas.

Considerando físicamente la absorción del agua, haciendo abstracción de las reacciones de las sales que contiene, podemos asegurar que ésta será tanto mayor cuanto más divididas y adherentes estén las partículas de la tierra, porque entonces habrá mayor número de granos con tendencia á formar su envoltura acuosa. El vidrio molido y otros cuerpos en estado pulverulento pueden condensar la humedad del aire.

Esta propiedad depende también del grado de porosidad y capilaridad; por eso las tierras arcillosas son mucho más absorbentes que las arenosas, y las humíferas más que las primeras.

Según su composición química, la absorción de agua en una tierra será tanto mayor cuanto más sales higroscópicas contenga. Los cloruros como el de calcio, sodio y magnesio, los carbonatos de potasio y calcio, aumentan la absorción del agua en la tierra.

Poder absorbente de varias tierras para el agua, según Gasparin

Magnesia carbonatada	450 por 100
Humus..	190 ,,
Tierra calcárea fina........................	85 ,,
Arcilla pura.......	70 ,,
Tierra arcillosa..............................	60 por 100
Arena calcárea	30 ,,
Arena silícea.....	25 ,,

Hemos dicho que no todas las tierras tienen el mismo poder absorbente; en efecto, mientras el humus absorbe las disoluciones para después irlas suministrando poco á poco, la arcilla, por el contrario, las absorbe y las cede difícilmente.

Las substancias que se encuentran en suspensión también son retenidas con gran fuerza. Todos sabemos que haciendo pasar una solución coloreada á través de un filtro de carbón, saldrá notablemente decolorada.

En la tierra hay muchas substancias que poseen esta propiedad; pero como la fuerza de absorción varía en cada una, las substancias acarreadas serán retenidas con más ó menos fuerza según la proporción de los elementos esqueléticos (arena, cal, etc.) y principalmente, según su estado de saturación.

E.—Absorción química

El suelo posee muchas substancias que al ponerse en contacto reaccionan; de lo cual deducimos que puede haber combinaciones, descomposiciones, sustituciones ó simplemente cambios en las propiedades alotrópicas é isoméricas. La verificación de estas reacciones exige la presencia del agua.

Desde luego se comprende que este hecho tiene suma importancia para las plantas, porque de este modo cuentan á la vez con elementos disponibles y otros en reserva, que irán tomando poco á poco á favor de nuevas reacciones, puesto que la mayor parte de los alimentos que contiene la tierra se hallan en estado insoluble.

Como ejemplo de estas reacciones el maestro Barba citaba algunas que se pueden verificar por el encalado: "En los en-
" calados que se practican como enmienda, la disolución de
" la cal cáustica es capaz de concurrir á la descomposición

" de los demás compuestos minerales, sustituyendo en estos
" á la potasa y sílice susceptibles de disolverse; ejemplo:
" puede modificar la composición de la arcilla, al formar un
" silicato de alúmina y cal; en este momento la potasa antes
" retenida en la arcilla se pone en libertad y se hace asimi-
" lable."

Se concibe fácilmente que la afinidad para la absorción de las substancias útiles á las plantas debe variar mucho; en unos casos pasará como en la fijación de colores en el estampado de las telas; cuando el color no es fijo, se emplean los mordentes, que son substancias que tienen á la vez tanta afinidad para la fibra como para la substancia colorante. Efectivamente, la tierra fija fácilmente las bases alcalinas, como el amoníaco, y aun las alcalino-térreas; pero la fijación de un gran número de substancia es debida á la acción de los precipitados químicos, más ó menos gelatinosos, como la alúmina y el óxido de fierro, que arrastran con ellos grandes cantidades de sales disueltas; y también al humus y la arcilla coloide, que se encuentran en las tierras, pero que tienen en menor grado la propiedad á que nos referimos.

La proporción de los elementos solubles no pasa del 2 al 3 por ciento del peso de la tierra, pero esta proporción es más que suficiente para el abastecimiento de varias cosechas.

Los principios fertilizantes se distribuyen entre la tierra que los absorbe y el agua que los disuelve. Hé aquí el orden en que son retenidos: primero, las sales de sodio son las menos retenidas; los cloruros lo son muy poco; los nitratos algo más que estos últimos, pero siempre en proporción insignificante; los sulfatos son algo retenidos, pero en cambio los fosfatos se retienen bastante y los carbonatos muchísimo.

El suelo retiene menos la cal y la sosa, en virtud de que la primera base abunda casi en todos los terrenos y que la segunda apenas es tomada por las plantas, pues aunque penetra en sus tejidos, no es asimilada; además, la tierra la contiene en abundancia. Estando el suelo saturado de estas dos bases, no las retiene; por el contrario, el amoníaco y la potasa pueden ser fijados fácilmente, porque el primero, como desaparece rápidamente en la nitrificación, no es muy abundante y nunca satura la tierra más que en casos loca-

les y excepcionales, y además éste, como la potasa, es consumido pronto por el vegetal.

Según el Ing. Rafael Barba, aunque no es un hecho general, sucede algunas veces que, si las soluciones que atraviesan la tierra son sales de base alcalina, como el nitrato de potasa, el cloruro y sulfato de la misma base, etc., entonces la base es la que se fija, quedando en libertad el ácido; pero esta fijación no puede tener lugar, á menos que en la tierra exista una substancia como el carbonato de cal, que reacciona con el ácido, porque sólo en estas circunstancias puede haber un cambio recíproco, dando lugar á la formación de carbonatos de base alcalina. (Esto sucederá siempre que la base del suelo tenga mayor afinidad por el ácido que aquella que lo está saturando). Si el elemento calcáreo falta en la tierra, las soluciones de base alcalina atraviesan todo el suelo sin debilitarse gran cosa, debido á que la afinidad no puede separar el ácido de la base combinada con él. Otras substancias como la cal, la barita y la estronciana, podían desempeñar el mismo papel que el carbonato de cal, pero en la práctica sólo la cal y la magnesia lo reemplazan.

En la práctica estos procesos son mucho más complicados y poco conocidos.

El mar contiene en mayor proporción los cloruros, como el de sodio: primero, porque en la tierra es muy abundante; segundo, porque es muy soluble en el agua; y tercero, porque la tierra no lo retiene; por consiguiente, se disuelve, y arrastrado por los ríos llega hasta él. Otro tanto sucede con las sales de potasa y aun con los nitratos; pero el agua de mar los contiene en menor cantidad, porque son menos abundantes en la naturaleza que el cloruro de sodio. (El cloruro de sodio es tan abundante, que se le encuentra en el mar, en casi todas las tierras, en gran parte de la atmósfera, en los animales y aun en las plantas, aunque está probado que la mayoría de éstas no lo necesitan.)

De lo expuesto deducimos que pocas veces conviene abonar con cloruros; así, el cloruro de potasio, además de ser muy soluble es antiséptico y por consiguiente perjudicial á los microbios útiles del suelo (Los cloruros convienen en ciertos casos, ejemplo: en las tierras muy calizas que producen la clorosis de las plantas).

Además, debemos tener presente que se pueden distribuir como abono fuertes dosis de fosfatos y aun de potasa en

cualquier tiempo y con bastante confianza, mientras que los nitratos deben aplicarse cuando la vegetación esté en actividad, para que sean asimilados inmediatamente, porque de otro modo, dada su solubilidad, se pierden con las aguas que se filtran al subsuelo.

En resumen, en la absorción química de los elementos minerales puede fijarse el ácido, la base, ó ambos á la vez, verificándose para esto dobles descomposiciones y dando origen á productos más complicados, á diferencia de lo que pasa en la fijación de los alimentos de origen orgánico, que, como veremos después, proceden de combinaciones cada vez más sencillas.

F.—Absorción del oxígeno, del ázoe y del ácido carbónico. Gran influencia del agua en estos procesos

Cuando la tierra está húmeda puede absorber fácilmente los gases atmosféricos; pero para esto es preciso que el agua no ocupe todos los intersticios ó tubos capilares, ó de otro modo, es necesario que la tierra esté húmeda, pero no mojada. (En este caso la humedad no debe pasar de 20% del peso de la tierra).

De los gases absorbidos tres son los más importantes: el oxígeno, el ázoe y el ácido carbónico; á ellos se subordina la actividad de los suelos. En efecto, la absorción de estos gases puede ser física, química ó químico-biológica.

El oxígeno puede estar disuelto en el agua ó simplemente en forma gaseosa, retenido entre las partículas terrosas, tanto más cuanto mayormente esponjadas estén; de esta manera circula libremente en la tierra y es absorbido al servir de comburente en la respiración de los seres que se encuentran en ella, y principalmente de los microbios aerobios, que descomponen ó transforman las substancias hidrocarbonadas y azoadas.

La acción del oxígeno sobre las plantas empieza desde la germinación, y no acaba nunca mientras éstas tengan vida ó la reproduzcan, pues aun los gérmenes de las semillas necesitan de él para respirar.

También puede ser absorbido y fijado el oxígeno por la oxidación de las substancias minerales y orgánicas.

G.—Absorción del ázoe,—Influencia de los procesos biólogicos

El ázoe, que es indispensable á la existencia de la planta por ser el portador de la vida en los cuerpos organizados, es en sí un cuerpo inerte, muy rehacio para entrar en combinaciones (y cuando lo hace, parece que procura deshacerse de ellas), de aquí que los compuestos nitrogenados sean tan inestables y su desequilibrio produzca en seguida la putrefacción. Ni la tierra ni la planta absorben directamente el ázoe, es indispensable la mediación de un cuerpo oxidante que previamente lo transforme. Este proceso no fué conocido sino hasta cuando Pasteur descubrió la existencia de unos seres microscópicos productores de ázoe. El mismo sabio enunció que la descomposición de la materia orgánica es siempre producida por organismos microscópicos.

Deherain dice: "El animal perece, la planta muere, sus cadáveres y esqueletos son presa de una legión de insectos primero, después un ejército de bacterias les suceden, pululando sobre esta materia que la vida abandonó. El carbono y el oxígeno se desprenden bajo la forma de ácido carbónico, y el hidrógeno, unido también al oxígeno, se transforma en agua. El nitrógeno, que emigra sucesivamente de uno á otro de estos organismos, forma multitud de combinaciones cada vez más simples, aparece por último bajo la forma de amoníaco. Pero estas tres materias que proceden de los seres que tuvieron vida, no logran estar separadas sino por poco tiempo, pues muy luego son absorbidos nuevamente por las plantas. El papel que éstas desempeñan en la economía general del universo es precisamente opuesto al de los microbios. En tanto que éstos queman la materia orgánica y forman substancias cada vez más simples, saturadas de oxígeno (ácido carbónico, agua, ácido nítrico, que es un producto de la oxidación del amoníaco), la planta, por el contrario, aparato de reducción y de síntesis, reconstituye de estas formas simples las materias orgánicas complejas. Por sus hojas ingurgitadas de agua se apodera del ácido carbónico, que el suelo devuelve constantemente á la atmósfera, lo reduce bajo la influencia de los rayos solares y forma la materia prima, que por síntesis sucesivas se convierte en azúcar, almidón, celulosa, aceites, etc., etc., ó también cuando al ácido carbónico aéreo se añade en la célula, el nitró-

geno, forma el gluten, caseína, albúmina, materias propias para la alimentación animal, que, oxidadas de nuevo en el animal mismo, ó después de su muerte, comienzan otra vez su eterno viaje de un ser vivo á otro."

Las fuentes proveedoras de ázoe son:

1) La atmósfera.
2) La materia orgánica nitrogenada.
3) Los abonos minerales azoados.

1) Hemos dicho que el ázoe de la atmósfera no es absorbido directamente ni por el suelo ni por la planta. Sin embargo las últimas teorías indican que bajo la influencia de la electricidad atmosférica las plantas pueden absorber el ázoe por las hojas y aun por las raíces. De todos modos ese hecho no tiene importancia práctica por ahora. En ambos casos necesita ser previamente transformado por microorganismos que viven en el suelo y que tienen la facultad de fijarlo, ó por los que llevan vida simbiótica con las plantas, como el *Rizobium leguminosarum*, que vive dentro de la raíz de las leguminosas.

2) La materia orgánica suministra el ázoe, pero después de haber sido transformada.

El ázoe que absorben las plantas se presenta bajo cuatro formas distintas: en forma de *nitrógeno nítrico*, cuando por la oxidación se transforma en nitratos y nitritos; en la forma amoniacal, cuando está combinado con el hidrógeno; en forma de nitrógeno orgánico, cuando va unido al carbono, y en forma de ázoe libre, por efecto de los microbios mencionados.

No nos detendremos en este importantísimo estudio, por considerarlo muy delicado, así como por no desviarnos de nuestro objeto principal, que es examinar la influencia del agua en estos fenómenos. Solamente diremos que hay una infinidad de microorganismos para cada una de las transformaciones que se verifican constantemente en la tierra.

Entre estos microbios citaremos:

1.º El *Clostridium Pasteurianum* y *Bacterium Croococus*, que absorben y transforman el ázoe atmosférico en compuestos nitrogenados orgánicos.

2.º Los microbios de putrefacción, que descomponen los albuminoides.

3.º Los *Nitromonades*, que, oxidando el amoníaco, producen ácido nitroso, que, combinado con las bases, da nitritos.

3.º El fermento nítrico, que, oxidando el ácido nitroso, produce el ácido nítrico.

Este último se combina con las bases y forma nitratos; pero si la planta no los aprovecha en seguida, muy pronto son disueltos por el agua y arrastrado al subsuelo, quedando fuera del alcance de sus raíces; aunque, pueden ser descompuestos por los microbios anaerobios y volver á la superficie en otra forma.

Aparte de estas fermentaciones amoniacal y nítrica, otros microbios transforman las substancias cuaternarias insolubles, como la fibrina, nucleína, etc., en substancias directamente asimilables para las plantas, como la argenina, tirosina, etc., que constituyen el ázoe orgánico objeto de las teorías últimas (esta teoría no está comprobada suficientemente).

Los fermentos nitrificantes elaboran constantemente ácido nítrico; y si éste no fuera disuelto y arrastrado por el agua para que la planta lo absorbiera ó para que se combinara con la cal ó con la potasa, su exceso paralizaría poco á poco el fermento hasta matarlo, porque ningún ser puede vivir entre sus propios excrementos. Esta es la razón de añadir potasa ó cal para que pueda continuar la nitrificación en un suelo ácido ó neutro.

La fermentación nítrica no puede verificarse sin el concurso de ciertas condiciones:

1.ª Presencia de microbios nitrificantes.

2.ª Materia orgánica nitrificable.

3.ª Humedad moderada, que varía según la composición de la tierra (óptima 15% del peso de la tierra).

4.ª Aireación suficiente con labores.

5.ª Alcalinidad.

6.ª Temperatura á propósito (óptima 37° c.).

Muchos microbios no pueden vivir sino en un medio relativamente privado de aire, pero no por eso dejan de necesitar oxígeno. En efecto, aunque sus órganos no están apropiados para tomarlo de aquel gas, hacen el papel de reductores y desoxidan los compuestos azoados, aprovechándose de su inestabilidad.

El agua es indispensable á todas las fermentaciones; en un medio seco todas se paralizan. La fermentación nítrica necesita humedad; pero ésta no debe pasar de cierto límite, porque como el fermento es aerobio, si se interrumpe la circulación del aire se detiene en seguida su acción oxidante.

H.—Absorción del ácido carbónico

El anhidrido carbónico, llamado vulgarmente *ácido carbónico,* que existe en el suelo y en el aire, es muy soluble en el agua. Esta lo disuelve y lo hace penetrar y circular por todas partes; de este modo puede combinarse con el amoníaco que resulta en descomposición de la materia orgánica, ó bien con las bases de los silicatos, formando carbonatos solubles que puede absorber la planta. Este ácido tiene mayor afinidad por la cal y la sosa de los silicatos, pues los de potasa, de magnesia y principalmente los de alúmina, se disuelven con más dificultad. El silicato de alúmina solamente se disuelve en presencia de carbonatos de base alcalina, como el carbonato amónico. Por este motivo siempre queda al final de estas descomposiciones el silicato doble de alúmina y potasa, que se hidrata para constituir el *caolín.*

Otra acción importante del ácido carbónico es la disolución de los fosfatos tricálcicos, trabajo que, aunque lento, es muy importante, donde no se abona ó no existen fosfatos solubles.

En resumen, el papel más importante del ácido carbónico en el suelo es el de solubilizar las sales insolubles en el agua pura.

Esta absorción del ácido carbónico se verifica constantemente y en tan gran escala, que si no fuera restituído por las numerosas putrefacciones, descomposiciones y combustiones de todo género, su proporción disminuiría notablemente, y como el ácido existe disuelto en gran cantidad en el agua de lluvia, se comprende fácilmente el papel tan importante que desempeña el agua como vehículo poderoso para que dicho ácido pueda penetrar y reaccionar en los suelos.

I.—Consideraciones sobre la absorción del agua en las tierras

La relación entre la absorción del agua pluvial y la evaporación determina el estado más ó menos húmedo de la tierra; si es mayor la evaporación que la absorción, ésta será árida y no prosperarán en ella más que escasas plantas de raíces superficiales y vegetación tan rápida, que pueda recorrer todo su ciclo evolutivo en el corto tiempo que ella permanece húmeda; ó bien plantas de organización especial para resistir la sequía, como las de la familia de las amarilídeas y otras muchas que caracterizan la mayor parte de los terrenos del Norte de la República, y también parte de la costa del Pacífico.

Nuestro estimado profesor Ingeniero Félix Föex dijo en una de sus conferencias que "al estado natural, las tierras que reciben una caída limitada de agua comprenden dos categorías: tierras áridas y tierras secas. Las primeras son aquéllas en que anualmente la evaporación supera á la absorción del agua, y por lo mismo, antes de que acabe el año ya no conservan rastro de humedad. Las segundas son aquellas en que la absorción supera un poco á la evaporación, es decir, las que á fin de año tienen un sobrante de humedad que se agregue á la humedad del año siguiente."

En las tierras áridas el agua baja tan espacio que nunca logra penetrar al subsuelo, y apenas cesa el temporal se evapora completamente. Las plantas espontáneas se caracterizan por raíces rastreras y vegetación rápida; no pueden vivir en estas tierras los árboles y las plantas de raíces profundas.

El segundo grupo, ó de terrenos secos, se caracteriza por capas profundas húmedas, superficie seca y vegetación arbórea. De esto se deduce que la diferencia entre estas dos tierras no solamente es el grado de humedad sino principalmente el modo como ésta se reparte.

El estado de ambas tierras no se debe únicamente al clima, sino á su naturaleza, situación y accidentes naturales.

De ahí resulta que bajo la influencia de un mismo clima y con la misma caída de lluvia, algunos suelos pueden ser secos, mientras que otros son áridos, presentándose, además, la ventaja de que es posible transformar una tierra

árida en seca, cuando se encuentra en límite de ambos suelos, mediante labores que la hagan absorber agua y disminuir la evaporación.

K.—Absorción del calor

Para terminar con el estudio de la tierra, diremos que el agua influye considerablemente en la absorción y conservación del calor. Esto es debido á las causas siguientes: 1.ª A que su capacidad calorífica es mayor que la de cualquier otro cuerpo; 2.ª Al frío producido en su continua evaporación; 3.ª A su mala conductibilidad calorífica. En resumen, el agua influye disminuyendo la temperatura. Una tierra será tanto más fría cuanto más agua contenga y cuanto más se impida la circulación del aire; por eso las tierras arcillosas son más frías que las humíferas, aunque las últimas tengan mayor poder absorbente para el agua.

En la absorción del calor influye mucho la inclinación del terreno, debido á que las tierras inclinadas tienen drenaje natural y á que varía el ángulo de incidencia en los rayos solares.

L.—El subsuelo

La naturaleza del subsuelo tiene una influencia considerable sobre la naturaleza física de las tierras, y principalmente en las que se refieren á la humedad. Nos ocuparemos de él ligeramente.

En el subsuelo pueden predominar, como en el suelo, la arena, la arcilla, la cal, y muy rara vez el humus.

Cuando un suelo arcilloso descansa sobre subsuelo de la misma especie, se suman sus defectos, constituyendo las tierras más malas, porque el gasto que exigen para los mejoramientos á menudo es tan considerable que no se puede practicar. Estas tierras son difíciles de regar, y cuando tienen agua en abundancia se encharcan, habiendo necesidad de aplicar el drenaje para ponerlas en estado de cultivo.

El suelo arenoso sobre subsuelo arcilloso estará casi siempre en buenas condiciones de humedad; pero si no lo estuviera, será fácil mejorarlo por medio de una labor que mezcle ambas tierras.

Un suelo arenoso con subsuelo de arena será siempre muy permeable, muy caliente, muy seco y por consigniente muy estéril.

El subsuelo calizo es muy favorable al suelo arenoso. porque disminuye su permeabilidad, pero principalmente al arcilloso, que al hacerlo más permeable permite muchas veces aprovechar la fertilidad que encierran estos suelos avaros.

Como el subsuelo margoso es mezcla de arcilla y cal, sus efectos serán proporcionales á las cantidades que de cada uno de éstos contenga.

El subsuelo humífero es el más escaso, pero el más á propósito de todos por su enorme riqueza y excelentes propiedades físico-químicas que posee.

El estudio del subsuelo es conveniente siempre que se trate de aplicar los riegos, el drenaje, los abonos, las enmiendas, las labores y casi todos los cultivos.

El reconocimiento del subsuelo se verifica fácilmente haciendo uso de la pala; pero para hacer un estudio perfecto convendrá hacer uso de una sonda, como la de Palissy, porque en ellas se conserva rigurosamente el orden de las capas tal como existen en el terreno, mientras que con la pala sería muy difícil verificarlo.

El subsuelo pedregoso ó rocalloso es siempre malo para el cultivo. Para reconocerlo se observarán los árboles, pues cuando todos ó casi todos los árboles de una localidad tienen los troncos y ramajes nudosos y mal conformados, se deducirá que el terreno es muy pedregoso, porque las raíces no se habrán desarrollado bien; y como éstas conservan cierta simetría, si los tallos y ramas son tortuosos y mal conformados, las raíces estarán en las mismas condiciones.

CAPITULO TERCERO

Estudio del agua en el vegetal

I. Consideraciones generales

Los vegetales no solamente pueden diferenciarse respecto á la cantidad absoluta de agua que necesitan, sino también en el modo de absorberla y en la necesidad que tiene cada especie de escoger determinadas materias disueltas en ella para verificar su nutrición.

La diversa cantidad de agua que absorbe cada especie vegetal presenta las variaciones más extraordinarias: las que tengan tejido blanco y esponjoso; aquellas de hojas grandes ó numerosas, pero tiernas; las de vegetación rápida que no formen espinas, ni epidermis apergaminada, ni materias resinosas; aquellas que resisten mucha humedad, que tienen raíces numerosas, y en fin, las que necesitan absorber mucha agua, sólo pueden llevar vida normal tal como la produjo la naturaleza, cuando y en donde encuentren este precioso líquido en abundancia. Por el contrario, los vegetales de tejido compacto, de hojas pequeñas, duros ó gomosos, de vegetación lenta, de tejidos fácilmente alterables por el agua y los de raíces poco numerosas, prefieren habitar parajes poco húmedos y son menos exigentes para el riego.

De lo anterior se deduce que la diversa cantidad de agua que absorbe cada vegetal, es una de las causas que más influye sobre su distribución en el globo, ó sea sobre la Geografía Botánica.

Para que el agua exista sobre los continentes, para que pueda tener y desarrollar esa energía potencial que encierra, es necesario que antes la reciba de algún cuerpo que la

produzca, y ese cuerpo, el único que en la naturaleza tiene importancia como productor de energía en todas sus manifestaciones, es el Sol. Cuando el agua ó sus componentes hayan recibido de aquel astro la energía potencial bajo forma de calor, para que después pueda transformarla en energía actual en el seno de las plantas, necesita que obre en combinación con las otras manifestaciones de la energía solar, y principalmente de la luz. En efecto, cuanto más elevada es la temperatura y más intensa la luz solar, en una época y lugar determinado y sin pasar de cierto límite, tanta más necesidad tienen las plantas de absorber mayor cantidad de agua, en igualdad de circunstancias, porque su vida se activa, combinando y segregando una parte de aquélla más considerable. De aquí proviene la necesidad que tienen ciertas plantas de encontrar más ó menos agua en ciertas épocas de su vida, en ciertas localidades ó según ciertos procedimientos de cultivo. Por eso la época de las siembras es de tanta importancia. Si, por ejemplo, sembramos maíz en el mes de Julio, y dado el caso de que no helara y hubiera suficiente cantidad de agua, la cosecha podría ser mala por falta de tiempo, pues estando la planta acostumbrada ó aclimatada á determinada cantidad de calor y luz, aunque la Agronomía dice que la planta se retardará hasta completar la suma de calor que necesite, en la práctica se ha visto que siempre tiende á recorrer en menos tiempo el ciclo de su vida, con el fin de adaptarse á las nuevas circunstancias; y como recibe menos alimentación energética, acumula menos energía y produce menos.

Son muy diversas las causas por las que las plantas necesitan una cantidad determinada de agua, y el conocimiento de cada una sólo se puede adquirir en las estaciones agronómicas locales, ó en su defecto con experiencias propias. Sin embargo, conviene saber que, en general: 1.º En los suelos sujetos á largas sequías prosperan las plantas de raíces profundas y las de vegetación rápida; 2.º Las plantas tardías y las de raíces superficiales vivirán únicamente donde el clima ó los medios artificiales les proporcionen humedad continua.

Como hemos dicho, la naturaleza de las substancias disueltas influye mucho sobre la aclimatación de una especie vegetal.

Las plantas que presentan en el análisis químico grandes

cantidades de substancias minerales, como la sílice en las monocotiledóneas, el yeso en las leguminosas, el azufre en las crucíferas, tienen, según Liebig, necesidad de encontrar dichas substancias en el suelo.

Para comprender la importancia del agua en la formación del vegetal, basta considerar que la mayoría de ellos contienen alrededor de 90 por ciento de agua. Pero cuando el agua se acumula demasiado, mojando el suelo, impide la respiración de los tejidos y los descompone, como ocurre con los bulbos amiláceos, que, á pesar de necesitar humedad, no pueden resistir por mucho tiempo á la acción del agua encharcada.

Por el contrario, hay plantas cuyas raíces, tallos y aun hojas, están provistas de medios para resistirla. Así, unos segregan substancias viscosas, otras exudan una especie de barniz que las hace impermeables, y otras, como varias monocotiledóneas, forman por la gran absorción de sílice, una epidermis apergaminada, que resiste bien la acción disolvente del agua. Ejemplo: el arroz de cultivo encharcado.

II. Influencia del agua en la vida de la planta.—Funciones de nutrición y reproducción

A.—Germinación

Es el conjunto de fenómenos que se verifican en la semilla, y que tienen por objeto el desarrollo del embrión.

El agua atraviesa por endósmosis la epidermis de los cotiledones, hincha las substancias insolubles (almidón, celulosa, etc.), disuelve las solubles, y cuando todo está suficientemente humedecido, el oxígeno y el calor intervienen descomponiendo las substancias azoadas, como la fibrina, nucleína, etc., dando como resultado la disolución de éstas y la producción de la diastasa. Este amido ó falso fermento transforma el almidón en dextrina y glucosa solubles. Los éteres de la glicerina, abundantes en las semillas oleaginosas, se desdoblan, y los hidratos de carbono son fáciles de oxidar. En este estado se produce un gran aumento de calor, signo inequívoco de que la vida del embrión comienza á tomar actividad. En efecto, al microscopio se observa que todas las celdillas de éste crecen y se multiplican rápi-

damente. Además del calor se observa un aumento de ácido carbónico, lo que prueba que el ser respira; á poco se ven salir la plúmula y radícula, para dirigirse hacia arriba y hacia abajo respectivamente, es decir, la primera va á la atmósfera á buscar los elementos que necesita, y la segunda á la tierra. Los cotiledones vacíos se arrugan y caen; la nueva planta, habiendo agotado estas reservas proporcionadas por la madre, no necesitará más de ella, podrá continuar por sí sola el ciclo evolutivo y cumplir así los fines que el destino le ha señalado.

B.—Nutrición

Antes de que la planta agote las reservas, el talluelo y la radícula han aportado cantidad suficiente de jugo nutritivo; tan luego como el talluelo recibe la influencia de la luz, se forma la clorofila. Esta substancia nitrogenada está compuesta por gránulos amarillos (cloroleucitos) y gránulos azules (jantoleucitos), y para su formación se necesita la presencia del hierro y la influencia de la luz.

El papel de la clorofila es asimilar el carbono del ácido carbónico atmosférico; pero para su funcionamiento se necesita, por una parte, la presencia de sales de hierro y de la energía luminosa, y por otra de las sales de potasa.

Parece que el hierro influye en la fijación del carbono, la potasa en la fijación de los primeros compuestos hidrocarbonados (aldehida metílica, etc.), principalmente en la neutralización de los ácidos perjudiciales, mientras que la lecithina es el lazo de unión entre las substancias minerales y la materia viva.

De los setenta y nueve cuerpos simples que se conocen, la planta toma solamente un corto número, siendo catorce los principales.

1.—Función clorofiliana

Las plantas verdes pueden extraer de la atmósfera todo el carbono que necesitan, y la clorofila es la única substancia capaz de disociar el ácido carbónico atmosférico en el seno de la planta.

El ácido carbónico del aire penetra por los estomas y se disuelve en el protoplasma de las celdillas verdes; allí es

descompuesto por la clorofila, pero los dos átomos de la molécula de oxígeno que se desprende no tienen el mismo origen. El anhidrido carbónico (CO^2) no se descompone totalmente, sino que se forma óxido de carbono y oxígeno; el otro átomo de la molécula de oxígeno que se desprende, lo proporciona el agua (H^2O) que se descompone simultáneamente, produciendo oxígeno para formar la molécula de oxígeno, é hidrógeno, que á su vez se combina inmediatamente con el óxido de carbono resultante, para formar el primer principio inmediato (aldehida metílica), que por combinaciones sucesivas forma toda la complicada serie de hidratos de carbono; después se combinará con el ázoe, el azufre, etc., etc., para dar origen á todos los compuestos orgánicos que se encuentran en la planta.

2.—Respiración

Aunque de un modo general este fenómeno es independiente de la humedad; nos ocuparemos de él en este lugar, con el fin de aclarar las ideas, estableciendo la diferencia entre la asimilación clorofiliana y la respiración.

La respiración es un fenómeno común á los animales y á las plantas. El protoplasma de las celdillas vivas es el asiento de la respiración vegetal; en él se verifica ese fenómeno químico-biológico que consiste en la absorción del oxígeno del aire y la expulsión del ácido carbónico á la atmósfera, es decir, en una oxidación, una combustión de la materia orgánica del protoplasma, y que se verifica lo mismo de día que de noche, y que es independiente de la clorofila. Aparentemente esta función cesa durante el día, pero no es así, sino que durante el tiempo que el sol alumbra, la gran intensidad de la función clorofiliana provocada por la energía luminosa del astro-rey, produce tanto oxígeno, que opaca por completo el desprendimiento de anhidrido carbónico, como lo hace la luz del sol con la luz de una bujía.

3.—Nutrición salina

Las plantas pueden tomar de la atmósfera todo el carbono que necesitan para su desarrollo. Hasta ahora, y con respecto al ázoe, se había asegurado que la planta no podía

tomarlo directamente de la atmósfera; pero últimamente el Profesor inglés Mr. Jamenson ha lanzado una teoría con la cual pretende demostrar que las hojas tiernas de las plantas poseen órganos especiales capaces de fijar directamente el ázoe de la atmósfera.

En resumen, estos dos elementos, y en caso de que resulte exacta la teoría á que nos hemos referido, son los únicos elementos que la planta puede absorber directamente de la atmósfera. Todas las demás substancias tienen que llegar al vegetal por el único conducto conocido, que es la raíz.

A fin de que las soluciones que provienen del suelo puedan penetrar al interior de las plantas, para que posteriormente circulen por sus vasos y lleguen á las hojas, es indispensable:

1.° Clorovaporización ó transpiración considerable, cuyo efecto se asemeja al de una bomba aspirante, que al producir un vacío ó enrarecimiento, y á consecuencia de la presión atmosférica, puede dar margen á la succión de un líquido.

2.° Función osmótica, por medio de la cual las soluciones atraviesan las paredes de la raíz, para ascender más tarde hasta las hojas, por los vasos puntuados ó canales especiales, en virtud de la clorovaporización.

3.° Difusión, que, obedeciendo á las leyes de la capilaridad, lleva el líquido á todas las partes de la planta, haciéndolo de celdilla en celdilla.

La clorovaporización tiene como causa la nutrición carbonada, y por lo mismo tiene lugar únicamente bajo la influencia de la luz. Por medio de ella se verifica la concentración de la savia y su ascenso á través de los grandes vasos puntuados.

No hay que confundir la clorovaporización con la evaporación física: la primera es una función fisiológica subordinada á la intensidad luminosa, mientras que la segunda es un fenómeno físico que puede verificarse en todo tiempo, y que puede ser alterado por las mismas causas que lo hacen variar en los demás cuerpos (calor, presión atmosférica, estado higroscópico, etc.).

Función osmótica

Ante todo diremos que las substancias tomadas del suelo por la planta no pueden penetrar en estado sólido al interior: es preciso que estén disueltas, y que además las disoluciones que resulten sean capaces de atravesar las membranas de la raíz, por el intercambio de corrientes ó presión osmótica.

El eminente Profesor Jamenson ha hecho experiencias durante treinta años, y ahora afirma que en la extremidad de la raíz (cofia) hay un agujerito que corresponde á la entrada de un canal interior, y por el cual pueden penetrar las substancias sólidas, arrastradas por el agua que asciende en virtud de la clorovaporización ó favorecida por ella, quedando por este motivo independiente de las leyes de la osmosis. Esta nueva y extraña teoría no está aún comprobada ni admitida por las demás autoridades en la materia, para tomarla en cuenta en nuestro estudio. Examinemos, pues, la presión osmótica que ha sido más experimentada.

Presión osmótica es la fuerza por la cual se mezclan á través de una membrana dos ó más substancias cristaloides. Cuando dos soluciones de distinta concentración están separadas por una membrana, se establece una corriente mutua, más ó menos variable en intensidad y que tiende á igualar el grado de concentración.

Las substancias disueltas se clasifican en coloides y cristaloides. Las celdillas vegetales resisten más á la presión de las coloides (que tienen aspecto de cola) que á la de las cristaloides.

La función osmótica varía: con la naturaleza de las substancias disueltas; con el grado de concentración en que se encuentran; con la temperatura que reina durante la función y con la naturaleza de la membrana que separa los líquidos. Esta última tiene una influencia considerable, porque no todas poseen el mismo poder dialisante y porque una misma puede tener diferente poder en cada una de sus caras y según las condiciones en que se encuentre.

Las anteriores observaciones pueden comprobarse con el auxilio del osmómetro, y de ellas deducimos las siguientes consecuencias:

Las soluciones que se encuentran en el suelo no deben ser

más concentradas que la savia de la planta, porque de ese modo se produce una corriente del interior al exterior de la raíz, y si la tierra se halla seca por falta de riego ó por carencia de lluvias, dicha corriente se hace tan considerable que muy pronto la planta se marchita y aun se seca por completo. El mismo fenómeno se verifica cuando se hace la aplicación de abonos demasiado activos y concentrados al pie de la planta, y entonces presenta el aspecto que la hace aparecer como quemada (aunque aquellos no sean corrosivos).

Como las membranas tienen diferente poder dialisante y cada una de ellas corresponde á determinada especie vegetal, resulta que en virtud de esto las plantas pueden verificar algo semejante á una selección, impidiendo, en ciertos casos, el paso de aquellas substancias que le son inútiles ó perjudiciales.

No siempre se verifica el hecho anteriormente señalado; algunas veces la membrana parece impotente para tal función; así es como puede observarse el caso de que el cloruro de sodio penetre y circule hasta incrustarse en los tejidos del vegetal, no siendo necesaria su presencia para la vida de la planta, como se ha demostrado por experimentos hechos en un medio completamente carente de dicha substancia.

En esta función de la membrana, por lo que respecta á esa especie de selección, se basa la necesidad que tiene cada especie vegetal de que se le ponga en disposición de encontrar determinada clase de elementos, y de aquí se desprende que este es uno de los puntos de interés que necesitan tomarse en cuenta al tratar de la aclimatación de los vegetales, puesto que la misma aclimatación no tiene otro objeto que colocar á la planta en las iguales ó muy semejantes condiciones del medio en que vivía en el país de su origen.

Otro hecho de suma importancia es que cuando las substancias del suelo se encuentran en estado insoluble, la raíz puede segregar, para lograr su alimentación, jugos especiales, generalmente ácidos, que, obrando químicamente, descomponen aun las rocas más duras y difíciles de descomponer, y originándose como resultado de esta descomposición substancias solubles, que más tarde el agua de riego ó

de cualquier otro origen las diluye hasta alcanzar un grado de concentración suficientemente bajo para provocar la endósmosis ó reabsorción completa de alimentos. Si sobre una placa de mármol, que se mantiene constantemente mojada, se ponen á germinar algunas semillas (de frijol, por ejemplo), se verá al cabo de algún tiempo que la radícula se habrá adherido á la placa, que irá horadando poco á poco é irá dejando una huella más y más profunda. Como sabemos, el mármol (compuesto principalmente de carbo nato de calcio) es insoluble en el agua; no hemos puesto otra cosa á la placa, es claro que la pequeña plantita habrá segregado ácidos capaces de descomponerla.

En resumen, del estudio del agua, en la atmósfera, en el suelo y en el vegetal, deducimos:

1.º Que el vapor de agua contenido en la atmósfera es tan indispensable á la planta como el aire mismo: sin él desaparecería toda vegetación en los continentes, puesto que las nubes, el rocío, la nieve, etc., no son más que sus transformaciones. Toda el agua de los continentes proviene directa ó indirectamente de los mares; luego tiene que haber pasado forzosamente por el estado de vapor. Estando la atmósfera saturada de vapor de agua, pueden formarse las nubes que, condensándose más, precipitan el agua sobre la tierra y dan origen á su fecundidad. Pero las condiciones climatológicas hacen variar tanto la humedad, que si el agricultor se atiene únicamente á lo que le proporcione la naturaleza, evidentemente cambiará tanto como la veleta y estará á merced de los meteoros.

2.º Que la formación de la tierra, así como sus propiedades físicas, químicas y biológicas, han dependido, dependen y dependerán siempre de la acción del agua en sus tres estados, principalmente en el líquido, de cuya influencia sólo se da uno cuenta observando y estudiando detenidamente todos y cada uno de los procesos que ocurren en el suelo.

3.º Que el agua es indispensable á la planta en primer lugar, para constituirla, puesto que es materia orgánica, y toda materia orgánica se compone principalmente de *agua* y *carbón*. Le sirve también como primer alimento y como vehículo de los demás, al acarrearlos á través de la tierra

y llevarlos desde la raíz hasta las hojas. Es además el disolvente, el lubrificante, etc., etc. Que la planta no solicita igualmente este líquido en cantidad ni en calidad, ni época, indicándonos su anatomía y fisiología, de una manera general, las principales necesidades y tendencias que tiene.



SEGUNDA PARTE

CAPITULO PRIMERO

Los estudios anteriores nos ponen en aptitud de reconocer que, siendo tan múltiples las necesidades de cada especie, tan variadas las propiedades de los suelos y tan diferentes los climas de nuestro país, necesitamos examinar detenidamente el terreno que vamos á cultivar, para ver si reune las condiciones que cada planta exige, cuando se ha de producir con economía, es decir, obteniendo el mayor beneficio con el menor costo.

Si por el reconocimiento practicado deducimos que las condiciones son desfavorables á la planta que vamos á cultivar, pueden ocurrir tres casos: que el cultivo sea imposible; que sea antieconómico, ó que necesitemos modificar las condiciones.

1.° Si las condiciones naturales son completamente opuestas, sería ridículo querer forzarlas. Por ejemplo, jamás intentaríamos cultivar vainilla en el valle de Toluca (Sin recurrir á medios artificiales).

2.° Si los factores naturales concurren favorablemente á una buena producción, pero no contamos con centros de consumo ni con buenos caminos para transportar los productos, ó si la mano de obra es escasa y cara, desecharemos el proyecto cuando el beneficio que se obtenga no compense nuestras fatigas.

Debe tenerse siempre: B mayor que P—G

Fórmula en la cual P representa el valor del producto, G la suma de los gastos hechos en obtenerlo, y B el beneficio.

En las comarcas que tienden á la repoblación es indispensable que la producción aumente, y entonces la competencia de productores hará disminuir el valor del producto: y para que quede algún beneficio, será preciso que el precio de costo, representado por G, disminuya con relación á P.

3.º Si los factores naturales de la producción tienen algunos defectos que perjudiquen á las plantas, casi siempre podemos corregirlos, haciendo algunas modificaciones. Estas modificaciones pueden ser, como hemos dicho, al clima, al suelo ó á la planta.

Modificación del clima

Por ahora es imposible modificar el clima de una manera general, y todo lo que se puede hacer tiene efecto lento y bastante limitado; sin embargo, cuando los pueblos obran inteligentemente y con perseverancia, su influencia bienhechora sobre el clima se deja sentir en poco tiempo.

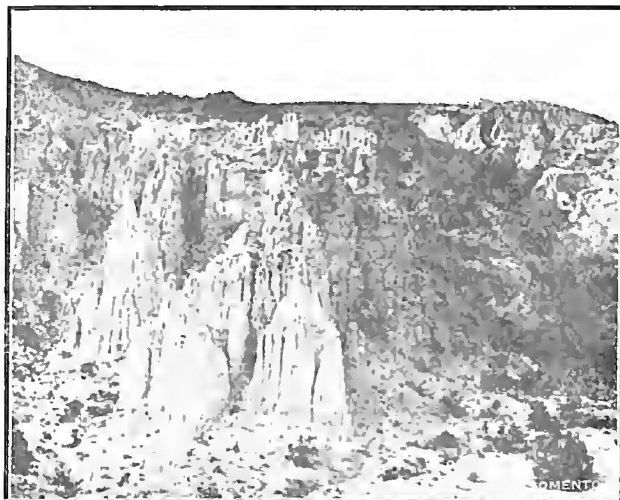
En primer lugar, la repoblación, multiplicación y conservación de los bosques, activada y protegida por los gobiernos celosos del bienestar público, y principalmente por los agricultores inteligentes, que, comprendiendo el inmenso beneficio que los bosques prestan á la agricultura, á la higiene y á las necesidades humanas en general, cuidan empeñosamente al árbol, considerándolo como hermano bondadoso y pródigo en riquezas inagotables. En esos lugares se ha visto cambiar, en pocos años, el aspecto desolado de los desiertos en oasis que, extendiéndose poco á poco, han llegado á formar extensos bosques y praderas. Los Alpes franceses nos presentan un hermoso ejemplo: en la comarca de los barcelonetes cuyos bosques fueron talados, los numerosos torrentes que se formaron arrastraron la tierra fértil y cubrieron el campo de arena y piedras, causando en pocos años la ruina y emigración de la población; pero el Gobierno francés acudió solícito en auxilio de la repoblación forestal y de las mejoras hidráulicas; al cabo de 10 años de trabajo asiduo é inteligente el triunfo más hermoso coronó la obra de esos hombres que ayudaron á la naturaleza á convertir aquel páramo en comarcas forestales y agrícolas de población numerosa.

Algunos pueblos europeos que por tradición tienen la cos-

LÁMINA 15



Comarca donde las lluvias eran muy abundantes



El mismo lugar 10 años después de haber talado los bosques. La tierra de labor en los valles inferiores quedó sepultada con la arena y tierra estéril de la montaña desgastada por los torrentes.

tumbre de conservar sus bosques, no han necesitado hacer grandes esfuerzos para regularizar su clima; pero en cambio otros pueblos del mismo continente, acostumbrados á la tala exagerada, han tenido y tendrán que hacer esfuerzos titánicos para mejorar en algo su condición forestal.

El problema de la regularización del clima, base principal de las plantas cultivadas, ha preocupado al género humano desde las primeras civilizaciones hasta recientemente, en que las naciones más adelantadas toman un justo empeño en la tarea de la protección y multiplicación forestal.

Los productos naturales fueron suficientes á las tribus nómadas, pero el aumento de población complicó primeramente las necesidades del orden material, y sobre todo el problema de la subsistencia, habiendo que recurrir á la agricultura para mantener el equilibrio económico. Después aumentaron las necesidades y creció la industria, trayendo por consecuencia un aumento de consumo y otro factor más: el problema de la producción.

Donde quiera que los pueblos han dejado recuerdos de su poderío se ha visto que la actividad humana taló los bosques, preocupándose muy poco de su multiplicación. Han pasado muchos siglos; la civilización ha avanzado muchísimo, pero para ello han tenido necesidad las sociedades humanas de trasladarse, y en su largo camino erigieron ciudades que llegaron al emporio de grandeza, pero que fueron sorprendidas por el momento en que, desequilibrándose la producción y el consumo, no pudieron subsistir y desaparecieron para surgir en otro lugar.

En verdad que muchas causas influían en este fenómeno, pero siempre se observó que cuando llegaba la decadencia, el clima estaba profundamente modificado: los bosques habían desaparecido, los manantiales se encontraban secos, las lluvias disminuían, la esterilidad y el desierto invadían los campos, degeneraba la agricultura y la población rural se urbanizaba.

Llegado este siniestro momento, se preocuparon políticos, sabios y poetas, y en vano trataron de evitarlo: ya era tarde. (Historia de Roma.)

En los tiempos modernos el colosal desarrollo de la industria y el comercio, consumiendo enormes cantidades de madera, ha contribuído también á la rápida destrucción

de los bosques. Véase en la lámina 15 el aspecto desolado que presenta un bosque de México, 10 años después de haber sido talado.

Los efectos de la destrucción de los bosques pasan inadvertidos para la mayoría de las gentes, porque no se comprende desde luego su importancia, á semejanza de las enfermedades que no acarrean dolores y son notadas hasta cuando su efecto es considerable, y que generalmente son las más difíciles de curar.

Esta devastación de los bosques se hace en casi todos los países; así, en América tenemos á los Estados Unidos, que en medio de su esplendor y progreso sintió la crisis forestal y comprendió la necesidad inmediata de acudir en auxilio de sus bosques.

Y si ese país, colocado por la naturaleza en condiciones tan ventajosísimas é inmensamente provisto de elementos para el progreso: agua y tierra para la agricultura; carbón y hierro para la industria; grandes ríos, llanuras y costas que, facilitando las vías de comunicación, favorecen con mucho el comercio, si ese país se preocupa tanto hasta votar $ 40.000,000 exclusivamente para la producción forestal, ¿qué deberemos nosotros hacer en aquella parte de la República Mexicana, favorecida mucho menos por la naturaleza, cuya orografía tan especial exige más esmero, donde la tala de los bosques se ha llevado sin compasión á tal extremo, que amenaza concluir con los de la altiplanicie, y cuyas desastrosas consecuencias empezamos á notar en el sinnúmero de catástrofes ocurridas casi á diario en los campos y ciudades? ¡Ya es tiempo de que los mexicanos patriotas se preocupen de este gran problema que encierra nada menos que el porvenir de la Nación! (véase lámina 16).

Por más que la Hidráulica y la Agronomía se empeñen en mejorar nuestra condición agrícola, jamás lograrán su objeto sin contar con el apoyo de la Dasonomía, porque el bosque es el condensador y acumulador de las nubes, es el regulador de las corrientes de agua que bajan por las montañas; y porque, además, abriga los campos y mantiene su fertilidad.

El agua retenida y regulada por los bosques, en vez de constituirse en torrentes devastadores, se filtra á las capas inferiores y reaparece al pie de las cordilleras, formando manantiales de agua cristalina. Esta acción se debe á que

LÁMINA 16



El hacha y la sierra del leñador derriban en un día el crecimiento de muchos años



el sinnúmero de raíces detienen el agua y drenan el suelo de tal manera, que una gran parte de esa agua es obligada á penetrar por él, evitando de ese modo que escurra bruscamente por la superficie, de donde se llevaría la tierra fértil y se precipitaría por los arroyos hasta el fondo de los valles.

El método forestal es el mejor para aumentar y regularizar la humedad atmosférica, pero será útil y ayudará mucho la abundancia de lagunas, ríos, presas, canales y terrenos regados.

Modificación de la humedad en los suelos

Como sabemos, las plantas cultivadas necesitan encontrar en el suelo cierto grado de humedad que, aunque puede variar en cada especie, nunca debe pasar los límites que hemos fijado en la página 20; por lo tanto, si hay exceso ó falta de humedad, tendremos que proporcionarla ó quitarla artificialmente, y para ello recurrimos á los medios siguientes:

Si falta humedad, se puede dar ó conservar:

1.º Por medio de los riegos.
2.º Por medio de labores adecuadas.
3.º Recurriendo á los mejoradores.

Si, por el contrario, es excesiva, se practicará la desecación y el saneamiento.

La palabra *saneamiento* no está bien aplicada tratándose de la desecación de un campo. En la ciudad el drenaje quita las substancias orgánicas y desechos que perjudican la salubridad, y por eso se llama *saneamiento*. En el campo, por el contrario, esas mismas son utilísimas, puesto que aumentan su fertilidad; pero aquí no se trata de quitar materia orgánica, sino el exceso de humedad para dejar la tierra sana y capaz de favorecer el desarrollo de la planta. Muchas personas no aceptan la palabra *saneamiento* tratándose de una tierra, y nosotros la aceptaremos en el sentido que hemos dicho antes, con el fin de establecer una diferencia entre la desecación de las tierras totalmente cubiertas de agua y la que se haga en una tierra cuyo exceso de este líquido impida algunas ó todas las prácticas del cultivo.

Riegos

Indudablemente que el riego es el medio más fácil y seguro para conservar la humedad en las tierras, pero no siempre tenemos el agua de riego en la cantidad y de la calidad necesaria; algunas veces se tendrá en abundancia y con poco trabajo se llevará á todas partes; otras veces se tendrá escasa, habiendo necesidad de almacenarla y usarla con mucha economía.

Para desarrollar un proyecto de riegos necesitamos conocer:

1.° La superficie regable y la topografía del terreno.
2.° La composición y propiedades físicas del mismo.
3.° El clima de la comarca.
4.° La cantidad de agua necesaria y su calidad.
5.° El medio de obtener el agua.
6.° El modo de suministrarla.

No nos detendremos en los tres primeros puntos, que parecen no presentar dificultad; pero sí nos ocuparemos de la manera como se determina la cantidad de agua necesaria, que es el asunto más importante.

La cantidad de agua para riego se calcula generalmente de tres maneras: 1.° Por el volumen total empleado en toda la temporada de riegos; 2.° Por una cantidad fija en la unidad de tiempo y de superficie; 3.° Por el número de riegos dados con una cantidad calculada con anterioridad.

La cantidad de agua necesaria al riego de una hectárea, durante un período de cultivo, es igual al producto del número de riegos por el promedio del volumen de agua empleado en ellos. En cualquier caso es preciso tener en cuenta: la cantidad de agua que contienen las tierras antes del riego, la que se filtra, la que evapora, la que aprovecha la planta y finalmente la que se necesita para mantener la corriente en los canales y que se pierde por los desaguaderos.

Como estos elementos varían con la clase de cada planta, con su edad, naturaleza del suelo y del subsuelo, el clima de la localidad, la época del año, la frecuencia de las lluvias y riegos, la habilidad del regador, etc., etc., llega á

ser tan complicado el problema, que se necesita recurrir á medios experimentales para determinar con precisión la cantidad de agua que el riego debe ministrar. Sin embargo, aunque sea imposible dar una regla invariable, siempre es conveniente indicar la cantidad de agua que aproximadamente puede tomarse como promedio para el riego de las tierras en la República Mexicana. Para esto empezaremos por estudiar los principales factores que, dijimos, podían modificar dicha cantidad, y después, tomando como base algunos datos de otros países más adelantados en irrigación, indicaremos las variaciones que deben tener en nuestro país en vista de las circunstancias especiales en que se encuentra.

A.—Influencia del clima

El clima puede hacer variar la cantidad de agua necesaria al riego de un terreno, principalmente por: la altitud, la latitud, la temperatura, los vientos dominantes, la sequedad de la atmósfera y la frecuencia de las lluvias, etcétera. El aumento de latitud disminuye la temperatura y por consiguiente la evaporación del suelo; por ese motivo una comarca necesitará tanto menos agua cuanto más se aleja del Ecuador.

Cuando aumenta la altitud, si bien disminuye la temperatura, también la presión atmosférica se hace menor, y como es una ley física que la presión y la evaporación están siempre en razón inversa, deducimos que en las altiplanicies es preciso aumentar la cantidad de agua para el riego.

La acción de estos dos factores es en general constante, pero como está sujeta á un sinnúmero de alteraciones locales, no se puede establecer una ley fija sobre su proporción y relación. Sin embargo, hay reglas aproximadas que se pueden aceptar, como las del Barón de Humboldt, que dice: "Por cada grado de latitud que se recorra hacia los polos, la temperatura disminuye medio grado;" así como la del ingeniero mexicano Vicente Reyes, que dice: "En nuestra República, por cada 172 metros de elevación hay un descenso de un grado de temperatura."

Los vientos obran según su procedencia, temperatura, humedad, fuerza y constancia.

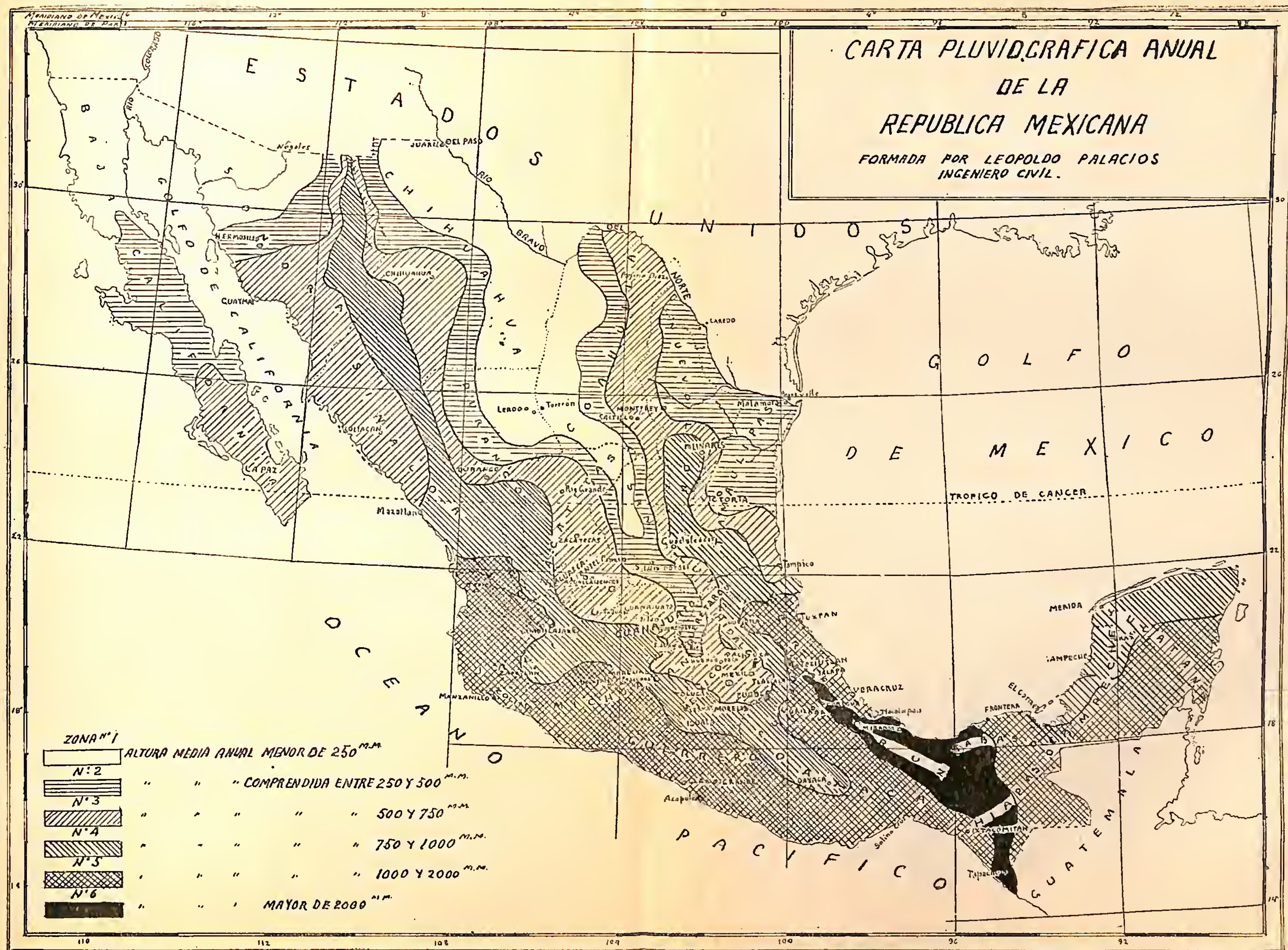
La sequedad del aire, como vimos al estudiar el agua en

la atmósfera, hace aumentar la evaporación y retarda su punto de saturación, motivo por el cual las lluvias son menos frecuentes, y el suelo en estas condiciones requiere mayor cantidad de agua para mantener la humedad que exigen los cultivos. Relativamente á la abundancia de lluvias, tienen éstas un ciclo de mayor ó menor abundancia en un intervalo de cuatro ó cinco años. Varias personas aceptan la existencia de otro gran período de veinte años, y que ha podido comprobarse principalmente en las regiones lacustres; así, entre los muchos lugares observados en nuestra República citaré las variaciones periódicas del agua del lago de Texcoco. La historia nos recuerda que, antes de las grandes obras del desagüe, la ciudad de México sufrió desastrosas inundaciones causadas por aguas de dicho lago, que ya desde el tiempo de los aztecas crecían y se derramaban en períodos de tiempo tan largos que nadie los recordaba sino cuando la inundación tenía lugar, causando grandes males. Por este motivo, desde la época colonial el Gobierno se esforzaba por llevar á cabo la grande obra del desagüe de México.

Otro ejemplo nos lo ofrece el pintoresco lago de Pátzcuaro, que comprueba esta regla con la sumersión periódica de algunas de sus pequeñas islas, así como por la tradición de los indígenas y las noticias de algunas personas de edad, que recuerdan haber visto jaripeos en llanuras que hoy ocupa dicho lago, y que, con sorpresa de los actuales habitantes que no conocen estas reglas, se han ido secando de nuevo desde hace algunos años.

B.—Influencia de la clase del vegetal

Ya vimos al tratar del estudio de la planta, que su fisiología influye considerablemente en la absorción del agua, por lo que á unas plantas les basta con la humedad que proporcionan los meteoros; á otras, sin embargo, convendrá auxiliarlas con riegos cuando la lluvia de ese año sea insuficiente é irregular, mientras que la mayoría necesita forzosamente de los riegos, ya no tan sólo para tener un aumento de cosecha, sino para conservar la vida en condiciones buenas, habiendo finalmente cultivos que sólo pueden hacerse cuando se dispone de gran cantidad de agua, por exigir la aplicación continua del riego.


CARTA PLUVIOGRAFICA ANUAL
DE LA
REPUBLICA MEXICANA
FORMADA POR LEOPOLDO PALACIOS
INGENIERO CIVIL.
ESTADOS UNIDOS
GOLFO DE MEXICO
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE CALIFORNIA
TROPICO DE CANCER
ZONA Nº 1 ALTURA MEDIA ANUAL MENOR DE 250 M.M.
Nº 2 " " " COMPRENDIDA ENTRE 250 Y 500 M.M.
Nº 3 " " " " " 500 Y 750 M.M.
Nº 4 " " " " " 750 Y 1000 M.M.
Nº 5 " " " " " 1000 Y 2000 M.M.
Nº 6 " " " MAYOR DE 2000 M.M.

C.—Influencia del suelo y subsuelo

La naturaleza de la tierra puede hacer variar la cantidad de agua de riego, por la gran influencia de sus propiedades físicas, que, respecto á este punto, hemos considerado como principales: adherencia, permeabilidad, poder absorbente, capilaridad y desecación. Estas propiedades, de donde derivan las demás que nos interesan, constituyen la característica de las tierras; pero aun en una misma tierra pueden variar esas propiedades, según la naturaleza de las partículas, grado de humedad, etc.

Cuando las partículas de la tierra son de gran tamaño, la permeabilidad y la evaporación son considerables, se calienta mucho y pronto queda enteramente seca; por esta razón las tierras arenosas necesitan riegos muy frecuentes, en tanto que las arcillosas, más finas y adherentes, son impermeables y frías, porque retienen más el agua, requiriendo, por lo tanto, menor cantidad de ella.

La topografía del terreno también influye sobre la cantidad de agua, porque en los terrenos inclinados el agua se escurre pronto y necesita, por lo tanto, mayor cantidad para conservar la humedad necesaria.

D.—Influencia del sistema de riegos

Unos sistemas de riego consumen más agua que otros; así, el riego por inundación consume más agua que el de filtración, mientras que el de regaderas á nivel es el que mejor reparte y economiza. Esto es tratándose de los sistemas generales; pero cuando se quiere regar con mucha economía, se recurre á los procedimientos que indicaremos más tarde, al tratar del riego de las plantas.

Datos sobre la cantidad de agua empleada en algunos países extranjeros

En los países del Sur de Europa toman el cultivo de los prados como tipo medio para determinar la cantidad de agua de riego, y en él estiman como abundante un gasto medio de un litro por segundo y por hectárea, ó sea 86 me-

tros cúbicos 4 décimos diarios, y se considera como abundante, porque hay muchas regiones secas en que pueden regar con medio litro.

Valuando esta agua por la cantidad empleada en toda la temporada de riego (18 veces), resultan 15,552 metros cúbicos. Suponiendo que por la evaporación y filtración se pierda la tercera parte, quedaría un volumen de 10,000 metros cúbicos, que representaría sobre la hectárea de tierra una capa de un metro de altura. Un litro de agua por segundo representa al día una capa de ocho milímetros de espesor sobre una hectárea de tierra. Esta cantidad de agua tan pequeña, dada en cada riego, se perdería por evaporación, por lo que en los climas cálidos ó secos conviene dar á los prados un riego cada siete ó quince días, según se necesite, pero con una cantidad siete ó quince veces mayor, en vez de hacerlo 18 veces con $86^{m3}4$ en cada una.

Comparación de los climas

Los datos anteriores referentes al Sur de Europa pueden convenir, en general, á muchas partes de nuestra altiplanicie; pero á esa cantidad de agua debemos aumentar bastante, si queremos adoptarla en nuestro país, por las razones siguientes:

En primer lugar, las condiciones generales de nuestro clima exigen mucho mayor cantidad de líquido, como veremos más tarde; pero, además, tratándose de dar un promedio para toda la República, hay que tener en cuenta que tenemos lugares exageradamente secos, como en ciertas regiones de Coahuila, Zacatecas, Yucatán y Baja California. (Véase la lámina 17).

El clima general de Europa es frío y lluvioso; la atmósfera más húmeda, el cielo nublado y la evaporación menor. Nuestro vasto territorio, como ya hemos dicho, se halla influído por un conjunto de circunstancias particulares orográficas y físicas que originan en su clima general variaciones más ó menos anómalas en el aspecto del cielo, en la temperatura, en los vientos, las lluvias y demás factores meteorológicos.

Para hacer mejor el estudio comparativo, podemos considerar dividido el territorio en dos grandes regiones de

climas bien diferentes: la zona caliente y la zona templada. La primera está formada por una gran faja que sigue la línea sinuosa de ambas costas y la cuenca del río de las Balsas; esta gran faja más ó menos ancha, según los lugares, está caracterizada por presentar un clima ardiente y en partes muy húmedo. Las costas del Pacífico, cuya temperatura media anual es de 28°, son más secas y calientes que las del Golfo de México, pues éstas poseen numerosos ríos, la atmósfera es más húmeda y la temperatura media es de 25 á 26°.

A medida que se avanza hacia el centro del territorio, va siendo el clima más y más seco y el aire más diatérmano, hasta llegar á los valles de Toluca y Calpulalpan á 2,678 y 2,688 metros de elevación respectivamente sobre el nivel del mar. Estos valles, que son los más altos entre los que tienen mayor importancia en la Mesa Central, son los únicos que llegan á tener una temperatura media igual á la de Europa, ó sea de 12° C.

La zona cálida presenta: una temperatura media de 27°, una capa de lluvia de 1,620 milímetros; 80 por ciento de humedad; evaporación, 2,847 milímetros anuales, lo que da ocho milímetros al día. La producción vegetal silvestre se caracteriza por el huamúchil, copal, zonpantle, maderas finas y otras. Y entre las cultivadas todas las que se conocen en los climas cálidos.

La zona templada se caracteriza por un clima extremoso en su mayor parte; la temperatura media es de 15 á 20°; la caída anual de lluvias de 300 á 1,000 milímetros, habiendo lugares que pasan de 1,000 y otros que rara vez llegan á 300; la evaporación en veinticuatro horas es de 8 milímetros al sol y de 3 á la sombra; la humedad relativa llega á 595. Por lo tanto, refiriéndonos á la humedad atmosférica, el clima de esta región apenas se puede considerar ocupando un grado medio á diferencia del clima que existe en las costas del Golfo, que debe considerarse como clima muy húmedo, en vista de su humedad relativa, que, hemos dicho, es de 86 por ciento, así como su altura de lluvia, que es casi de 2,000 milímetros. Los vientos dominantes son el Norte y el Noreste, con una velocidad variable aproximadamente de un metro por segundo. Los días despejados varían durante el año entre sesenta y ciento cincuenta, y los muy nublados entre treinta y ciento treinta en el mismo

tiempo. Sus producciones son las de clima frío y templado, sobresaliendo la de trigo y maíz.

No obstante que el clima general es propio para muchas plantas, en esta región templada las grandes oscilaciones de temperatura, y sobre todo la irregularidad y escasez de las lluvias, la exponen á frecuentes desastres, principalmente cuando son siembras de temporal.

Para mayor claridad presentaremos en forma de cuadro comparativo las condiciones climatológicas que reinan entre el clima de Europa (el de Francia), que podemos considerar como el promedio de la Europa, y el de México; de donde podrá deducirse el error en que se incurriría si tomáramos los datos de Europa y nos sujetáramos á ellos de una manera absoluta, sin tener en cuenta la enorme diferencia que existe, ya no tan sólo comparándolos con la región caliente, sino aun con la zona templada de nuestro país.

Cuadro comparativo

	México	Francia
Latitud entre..............	14°28′ á 32°43′30″ N.	42°20′ y 51°5′ N.
Altura sobre el mar entre........................	0 y 2,690 mts.	de 0 á 700 mts.
Temperatura media anual.....................	18° en la zona templada. 27° en la zona caliente.	Temperatura media, 10 á 15°.
Temperatura media en verano, de..............	20° á 30°	15°
Temperatura media en invierno, de.............	15° á 20°	8°
Caída pluvial media......	0′550^{mm}	0′700^{mm}
Evaporación anual........	2,500^{mm}	2,280^{mm}
Vientos dominantes......	Golfo y altiplanicie, N.E. Pacífico, S.	
Brumas.....................	Raras.	Cuando sopla el viento Sur.

Estos datos no comprenden á terrenos muy altos, pues se refieren al límite de los principales valles cultivados.

De la comparación de los datos anteriores deducimos que estos dos climas son bastante diferentes, y que como todas las causas de humedad son mucho más desfavorables en nuestro país, la tierra exige mayor cantidad de agua para el riego, por lo que es preciso aumentar con una cantidad razonable las cifras que en Francia se han tomado como término medio, y considerarlo como la base de donde se deberá partir para hacer las variaciones que las condiciones locales exijan.

Dado el gran número de causas que influyen poderosamente en el aumento de evaporación del agua de la atmósfera y del suelo en nuestro país, y aunque en gran número de casos sea suficiente para el riego el gasto de litro y medio por segundo y por hectárea, creo que será prudente fijar la cantidad de dos litros por segundo como dato general para las plantas de climas templados, y una cantidad doble para las plantas tropicales, (En el cultivo del arroz y en terreno inclinado se necesitan en Morelos hasta (10) diez litros por segundo y por hectárea.) cantidad que, aunque es un poco exagerada, creo que será la más conveniente en vista de la irregularidad de las lluvias, y demás condiciones especiales, porque en este asunto del agua, como en otros puntos de agricultura, hay que ser muy previsor, y siempre será preferible contar con un exceso de agua y no tener que deplorar su falta, porque bien puede sobrevenir una sequía excepcional que desequilibre nuestros cálculos. Además, no hay que olvidar que, aun tratándose de una misma planta, esta cantidad puede variar muchísimo con las circunstancias locales, entre las que descuella en primer término la permeabilidad del suelo, la del subsuelo, y la pendiente del terreno y que para esto convendrá seguir las indicaciones del Conde de Gasparin, relativas al clima del Sur de Francia, con ligera variación relativa á las exigencias de cada clima.

"Para una tierra que contenga arena en un 20 por ciento, es decir, en un quinto de su peso, se debe dar un riego cada quince días.

"En las tierras más arenosas que contengan un 40 por ciento, ó sea los dos quintos de su peso, de arena, el riego debe prodigarse cada once días.

"El suelo que contenga un 60 por ciento de arena, pide el riego cada seis días, y por último, en las tierras excesi-

vamente arenosas, los riegos deben repetirse cada tres días. Todo esto se refiere al riego de los prados con una capa de 8 á 10 centímetros de espesor en cada uno, y siendo su duración de veinticuatro horas.

"Tomando como altura de la capa de agua un centímetro, y asignando al período de los riegos una duración de seis meses, se ha formado el cuadro siguiente, que comprende los datos anteriores y las consecuencias numéricas que de ellos se desprenden."

Número de riegos	Cantidad de arena	Gasto de agua	
		Metros cúbicos	Litros por segundo
12	20%	12,000	0.17
16	40,,	16,000	1.03
30	60,,	30,000	1.93
60	80,,	60,000	3.86

Por último, cuando fuere necesario determinar con exactitud la cantidad de agua para el riego, comenzaremos por averiguar si en la misma comarca cultivan, con buenos resultados, la planta de que se trate; ese dato nos abreviará el camino, pues bastará medir el gasto de agua por hectárea y aceptarlo con las variaciones que exijan las nuevas circunstancias, en caso de ser diferentes permeabilidad, pendiente, etc. Pero si la planta no se cultiva en ninguna región vecina, tendremos que hacer previamente algunas experiencias.

Uno de los métodos consiste en medir una pequeña extensión de terreno, sembrarlo y anotar la cantidad de agua y número de riegos que necesita. Para esto podemos servirnos de un pequeño depósito de dimensiones conocidas, donde podrá observarse diariamente la cantidad precisa de agua y el tiempo que se necesitó para cada riego. Al terminar el cultivo conocemos la cantidad de agua necesaria para esa superficie, y por medio de una simple proporción la determinaremos para todo el terreno, si tiene la misma composición.

Cantidad de agua disponible

Conocida la cantidad de agua que necesita el cultivo que vamos á establecer, es preciso conocer el agua de que disponemos. Necesitamos desde luego calcular el gasto del río, pozo, etc., y las variaciones del mismo en el tiempo de sequía. Además, debemos tener en cuenta: los datos pluviométricos, la distancia á que se encuentra el manantial, la situación que ocupa con respecto á la sementera, la topografía y composición del terreno regable y la de los terrenos que deba atravesar el agua, las máquinas y útiles necesarios y las pérdidas que hubiere por todos los motivos antes enumerados.

Calidad del agua

El agua para riego debe reunir las mismas condiciones que la empleada para bebida, es decir, tiene que ser potable; solamente que no necesita estar limpia, sino que, por el contrario, será tanto mejor cuanto más cuerpos orgánicos contenga en suspensión, porque generalmente estas partículas van á aumentar las propiedades físicas de las tierras; y aun en el caso de que las tierras no necesiten mejoradores, el limo de los ríos aumentará notablemente su fertilidad.

Debemos desechar siempre las aguas muy calcáreas, selenitosas, ferruginosas, porque estas substancias se incrustan en las raíces é impiden su funcionamiento.

Para reconocer estas sales se emplea el método hidrotimétrico, que puede determinarlas con alguna aproximación. Se funda éste en que las aguas *crudas* no disuelven bien el jabón, debido á que la cal es una base que tiene mayor afinidad que la sosa ó la potasa, por los ácidos grasos que entran en la composición de aquél y con los cuales forma compuestos insolubles.

Las aguas no potables, hasta cierto punto pueden ser admitidas para el riego, porque la tierra suele necesitar un exceso de sales para neutralizar propiedades opuestas, y aun es preciso proporcionarle esas substancias en las ocasiones en que escaseen.

Algunas veces esas sales pueden ser muy útiles, si se presentan en corta cantidad, como por ejemplo, las sales de potasa. Además, toda agua enteramente pura agota muy pronto los suelos, porque disuelve y arrastra muchas sales útiles, que no disolvería si tuviera sales, porque estaría más cerca de la saturación.

Cuando las aguas son malas y no se dispone de otras, se recurre á purificarlas, métodos que, aunque no son muy prácticos, suelen convenir algunas veces.

Muchas substancias se depositan con el simple reposo, pero otras veces será preciso filtrarlas ó neutralizar sus propiedades.

Varios autores aconsejan para la purificación algunos procedimientos prácticos; así, para las aguas calcáreas y selenitosas recomiendan mucha aireación por medio de cascadas; para las ferruginosas, hacerlas pasar por depósitos ó montones de marga, cal, estiércol, paja ó materia orgánica en descomposición; para las aguas ácidas y para aquellas que proceden de pantanos, la adición de cal, cenizas, etcétera.

Aguas saladas

Las aguas que atraviesan terrenos salados son muy perjudiciales, sobre todo las de reacción alcalina. Entre las sales más perjudiciales se encuentran las de sodio y las de potasio.

Cuando en un terreno se forman eflorescencias salinas ó hay cambio permanente de color con la aplicación del riego, debe inferirse que la tierra ó el agua de riego contienen sales en abundancia.

Si la costra ó eflorescencia tiene color blanco, contamos con un signo casi seguro de que allí abundan el cloruro de sodio, el sulfato de potasio ó el tequezquite (sesquicarbonato de sodio); y si la coloración es negra, predominarán el carbonato de sodio ó el de potasio.

Los sulfatos son menos malos, y puede corregirse su acción corrosiva con el cultivo; pero si abundan demasiado, solamente podrá aprovecharse el terreno para explotar dicha sal como abono (ejemplo la kainita).

Si hay exceso de carbonatos, ya sean de sodio ó de potasio, la tierra será negra y completamente estéril, pues la

costra que se forma en la superficie es cáustica y corroe los tejidos vegetales.

Cuando el subsuelo es impermeable, el agua que asciende por capilaridad trae estas aguas perjudiciales, y su acción no puede corregirse con el cultivo.

Sin embargo, en algunos casos se puede transformar el carbonato, que es malo, en sulfato, que es menos malo, mediante la aplicación del yeso, y tendremos: $CO_3\ K_2 + SO_4\ Ca = SO_4\ K_2 + CO_3\ Ca$.

Resulta que un mal que vale como diez, queda transformado en otro que vale como uno.

La misma reacción se verifica si en vez de carbonato de potasio existe carbonato de sodio, y por eso, siempre que tengamos un terreno que, después de regado y seco, se ponga negro (produzca manchas negras), es seguro que en él existirá alguno de estos carbonatos, por lo cual desde luego nos apresuraremos á neutralizarlo con el yeso.

Cuando tengamos un terreno salado y el agua también lo sea, en vez de riego emplearemos labores adecuadas y sales neutralizantes. Por último, cuando no sea posible corregir este defecto con el agua, tenemos aún otro recurso de que disponer, y consiste en emplearla para el riego de plantas de raíces profundas, que pueden vivir en terrenos salados, como la remolacha en los climas fríos, el dátil en los climas calientes y los forrajes llamados *salt bushs*, que tienen un color gris, y que gustan, por lo salado, principalmente á los carneros. A veces da resultado desalar un terreno, lavándolo por medio de una combinación de pozos artesianos y drenaje; ó simplemente por medio de zanjas profundas como se hizo en los terrenos salados de la hacienda de Xico.

Naturaleza de las aguas según su procedencia

Desde luego las aguas pluviales reunen las mejores cualidades, porque las substancias que arrastran de la atmósfera son muy útiles, y no contienen ninguna que pudiera perjudicar. Las aguas de río casi siempre son muy buenas para el riego, pero sus propiedades dependen de los terrenos que atraviesan y de los manantiales que las producen. Las aguas subterráneas son muy sospechosas.

Las citadas en último término tienen gran importancia en el país, pues debido á la conformación orográfica de la República, gran parte de las aguas escurren por las grietas y forman depósitos y corrientes subterráneas.

Manantiales

El agua de los manantiales tiene muy distinta composición y por lo mismo su acción es muy diversa.

Hemos visto que los cloruros y otras sales son muy solubles y poco retenidos por la tierra, lo cual les permite filtrarse y bajar hasta los depósitos que alimentan los manantiales. La composición del agua de manantiales depende además de la composición geológica de las capas que atraviesa, notándose en general que siempre contiene poco oxígeno disuelto.

Respecto á las substancias en suspensión, es rarísimo encontrarlas en los manantiales, por lo cual las aguas de río les son muy superiores; sin embargo, algunos manantiales dan con intermitencia agua turbia ó agua limpia, según que llueva ó deje de llover, sobre todo si no existe caliza en los terrenos que atraviesa.

El ojo de agua de San Marcos (Coahuila), que se alimenta por un resumidero de la laguna de Mayrán, es un ejemplo de esta clase de manantiales.

Las aguas del Nazas, en sus grandes avenidas traen agua turbia y se la comunican á la laguna; el agua cristalina del manantial de San Marcos se enturbia al poco tiempo.

Modos de obtener el agua

El modo de obtener el agua de riego varía con las circunstancias locales, pudiendo distinguirse tres casos, según las dificultades que presenta:

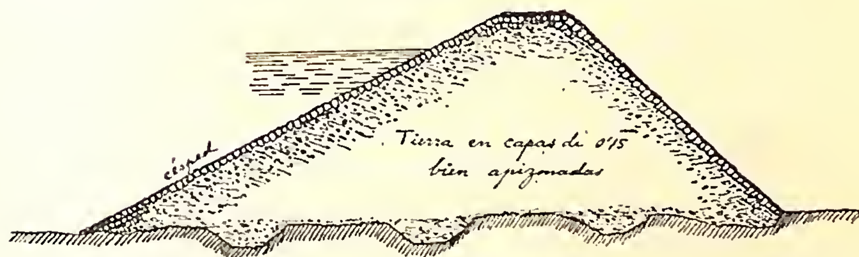
1.° Aprovechamiento de las aguas, que existen en la superficie de la tierra en forma de ríos, lagunas, etc.
2.° Captación de las aguas pluviales.
3.° Extracción de las aguas subterráneas.

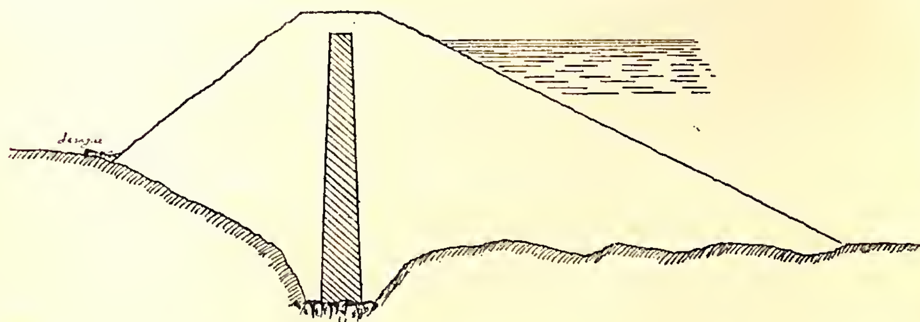
Nos ocuparemos primero de las aguas meteóricas.

Anualmente escurren por las faldas de nuestras monta-

Lámina 18

Presas de tierra





Presa de tierra con alma

ñas millones de metros cúbicos de agua que se pierden en los mares.

El mejor modo de aprovechar está agua es detenerla y almacenarla para repartirla sobre los campos cuando la planta la necesite.

Presas

Las presas son grandes depósitos construídos con tierra, ladrillo ó piedra, en los cuales se almacena el agua de las crecientes de los ríos. errata

Las presas de tierra son más fáciles de hacer y más baratas. Las presas de tierra arcillosa tienen el inconveniente grave de agrietarse y desmoronarse mucho, pero son impermeables.

La arena es demasiado suelta para formar bordos. La tierra de composición media será la mejor; pero cuando la tierra es mala, será preciso proteger la presa con una capa impermeable. Esta capa protectora se pone del lado de afuera, cuando hay que temer crecientes, porque entonces el agua deslava la parte exterior, pudiendo ocurrir el derrumbe de la presa. Además se evita la evaporación y desmoronamiento; pues lo mejor en este caso es calcular y regular bien las compuertas y vertedores. errata errata

En tierras comunes se puede proteger el paramento con terrones de césped. Para defender el bordo contra el paso de animales se pueden plantar nopales, "uña de gato" ó cualquiera otra planta que tenga espinas; y cuando sea preciso que pasen, convendrá hacer una vereda, porque entonces preferirán caminar por ella y no estropearán los bordos.

Una presa de tierra debe reunir esencialmente dos condiciones: tener solidez suficiente para soportar la presión del agua, y ser impermeable.

La presión del agua en una presa es proporcional á la altura y es independiente de la longitud; pero hay un punto capital en la construcción de cualquiera presa, y es el relativo á los cimientos; siempre se debe escarbar y comenzar la presa por abajo del nivel del suelo, pues de lo contrario la presión del agua la haría salir por debajo y quitar el apoyo al muro.

Hay dos elementos principales que hacen variar el espesor de una presa: las crecientes y los vientos.

Aun en malas condiciones, como en las tierras arenosas, pueden hacerse presas; pero entonces es conveniente una pared doble de adobes, ó puddle como se ve en la figura (lámina 18) y sembrar pasto, con el fin de hacerlas impermeables y evitar que la arena resbale. Si el agua tiene mucho movimiento, se colocan adobes en el paramento interior. [1]

Utilidad de las presas

Las obras de este género, ejecutadas en grande escala, tienen tan gran importancia en nuestro territorio, que, en unión de la repoblación de los bosques, puede decirse que asegurarán el porvenir de nuestra agricultura.

Ultimamente el Gobierno se ha esforzado en fomentar el riego; pero la urgencia que hay en asegurar las cosechas contra la sequía y la helada, hace que esos esfuerzos sean insuficientes. La necesidad de la iniciativa particular se impone, porque la configuración del territorio y la despoblación de sus montes, haciendo los ríos más y más torrenciales, exige un pronto remedio, para evitar la rápida esterilización del suelo y los perjuicios de las inundaciones.

Habiendo muchas presas, se evitarán las inundaciones, porque pueden almacenar enormes cantidades de agua en un momento dado, es decir, pueden servir como reguladores. Además, pudiendo sembrar más temprano, se evitará el perjuicio de las heladas; se podrá aumentar la siembra, porque no se teme la falta de agua. Reunen además la ventaja de proporcionar caídas de agua generadoras de fuerza eléctrica.

Presas de mampostería

rata

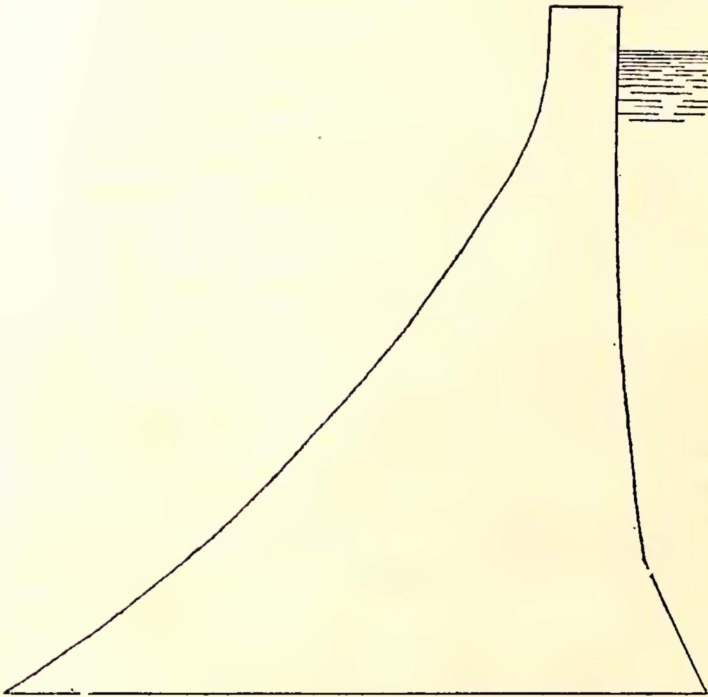
La disposición natural para construir una presa más favorable es la de una cañada, ligeramente alomada y que forme una garganta en la parte más baja, por donde se co-

---

1 Los perfiles para tierras arcillosas se calculan con datos prácticos, como sigue:

Anchura en el tope........................	de 3 á 8 metros.
Elevación del tope sobre el agua........	,, 2 á 7 metros.
Pendiente del paramento interior.......	,, 2 : 1 á 3 : 1 metros.
Pendiente del paramento exterior.......	,, 1½ : 1 á 2½ : 1 metros.

LÁMINA 19



Presa de mampostería, perfil económico

munique al llano. En tal caso, con una presa de cortas dimensiones podrá cubrirse de agua una gran extensión de tierra. Pero en el caso de terrenos muy accidentados, para que las presas tengan gran capacidad necesitan desarrollarse en altura, para lo cual es necesario emplear material muy resistente, y cuyas condiciones de estabilidad exigen la dirección de un ingeniero muy competente.

Estas presas generalmente sólo pueden llevarse á cabo por los Gobiernos ó compañías, porque cuestan mucho.

Cuando por la falta del capital ó por el declive muy considerable, no se quiera hacer una gran presa, se puede, con más economía, construir poco á poco varias pequeñas, ya sea que estén separadas ó que formen una serie de planos en comunicación unas con otras. Pero si el terreno es excesivamente inclinado, no podrán formarse presas, pues la fuerza del agua las rompería, sobre todo en cerros desnudos; para estos casos el Sr. Prof. D. Félix Föex recomienda los malecones, que no son sino unas zanjas y depósitos perpendiculares á la pendiente, es decir, siguiendo las curvas de nivel. "Se comienza por la parte superior del monte, haciendo zanjas de 0^m50 á 0^m60 de ancho, arrojando la tierra del lado inferior para formar un bordo alto, que se refuerza con piedras y ramas. En una de las extremidades del bordo ó en las dos, existen vertedores, por donde el agua sobrante sale y va á llenar la zanja siguiente."

Estas zanjas deben multiplicarse lo más que se pueda, para conseguir que toda el agua ó la mayor cantidad posible de ella quede retenida y se aproveche. (Véase la lámina 20.)

Condiciones generales de una presa de mampostería

Estas condiciones son: estabilidad, impermeabilidad y economía.

Para presas comunes de mampostería se calcula en la práctica de una manera rápida y sencilla:

La condición esencial es que el peso de la presa deba ser tres veces mayor que la presión del agua, ó por lo menos dos, á fin de que la resultante pase por el tercio medio de la base. Supongamos la presa A B C D, lámina 21. Como el peso del agua aumenta con la profundidad, se supone que en

A pesa 0 kilogramos y el máximo sobre C. Pero la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre la pared A C es P y obra perpendicularmente á ella.

Como el metro cúbico de mampostería pesa 2,100 kilogramos, con una superficie igual á la del triángulo sería suficiente, puesto que se tendría más del doble.

P = Sup. Trian. A C F por 1,000 kilogramos
y G = Sup. Trap. por 2,100 kilogramos

Actualmente se emplean perfiles curvos, llamados perfiles económicos (lámina 19).

Además se calcula el movimiento del agua por la acción del viento ó de las crecientes. En el caso de crecientes se calcula la carga normal y se agrega la sobrecarga. La sobrecarga se encuentra por la diferencia entre la altura normal y la altura máxima; el peso del segundo triángulo se calcula como en el caso anterior.

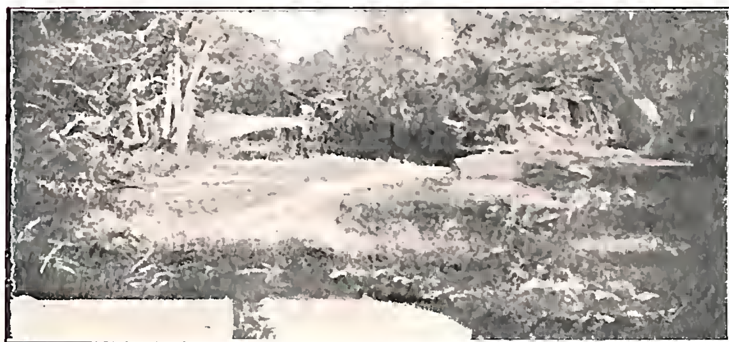
El establecimiento de las presas, y principalmente de las construídas con tierra, exige muchas precauciones, porque la falta de vigilancia puede ocasionar algún desastre. El valle de Huaniqueo (Puruándiro, Mich.) es cultivado anualmente por el sistema de enlame. Los terrenos de cultivo están formados, en su mayor parte, por presas más ó menos grandes, que en conjunto pueden almacenar cerca de veinte millones de metros cúbicos. Una parte de esta agua es empleada en el riego de sementeras, pero su principal objeto es producir el enlame, puesto que casi la totalidad del agua es tirada por los canales de desecación de la exciénega de Zacapú. Los agricultores de los terrenos de la ciénega han sufrido grandes perjuicios con la ruptura de las presas, pues los canales de desecación, aunque fueron calculados con la sección suficiente, no sólo para dar salida al agua normal, sino también con datos antiguos y precisos de la hidrografía y pluviometría de todo el doble valle, para determinar una sesión en que cupieran las crecientes más excepcionales, resultó que, posteriormente, la desecación aumentó el número de presas en el valle superior, habiéndose construído algunas sobre el mismo cauce del río de la Patera. Esto trajo la necesidad de tomar algunas precauciones para vaciar esos depósitos, pues podría acontecer, como sucedió en efecto, que si la primera presa se rompía ó era vaciada con

Lámina 20

Depósitos donde desaguan los canales de la montaña

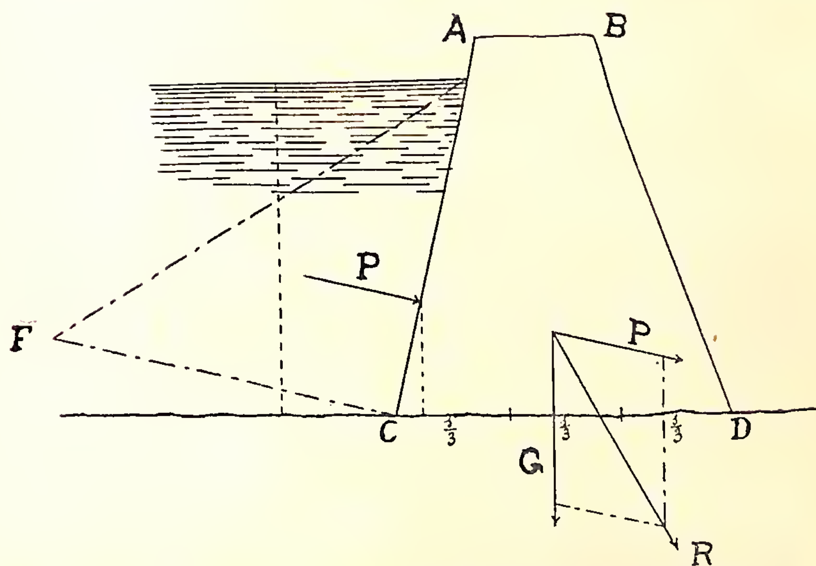


Malecón



Malecones

Lámina 21



Cálculo práctico de la estabilidad en una presa de mampostería

negligencia, sus aguas se precipitarían de un golpe sobre las inferiores, rompiendo una por una, y todo ese volumen, que era imposible pudieran contener los canales de la desecación, se extendiera sobre los campos, aniquilando las siembras, porque era imposible desalojar el líquido en un período menor de quince días; frecuentemente, pues, como no había reglamento, cada ribereño del río mencionado vaciaba sus presas, sin fijarse en los perjuicios que podía ocasionar. Ultimamente la Secretaría de Fomento se fijó en el asunto y ordenó algunas mejoras, tanto en la parte hidráulica como en lo que se refiere á la cuestión legislativa.

El caso más favorable para el riego se presenta cuando el terreno se encuentra junto á las márgenes de un río.

Para tomar el agua de los ríos se pone un dique ó partidor que represe el agua y la obligue á correr por los canales.

Los diques pueden ser fijos, pero generalmente llevan compuertas.

En el Norte de la República, donde la totalidad de los ríos son torrenciales, se acostumbra poner diques momentáneos de tierra y pilotes, para que la creciente se los lleve. Este sistema se usa en toda la República para los arroyos, pero es malo, porque necesita mucha precaución para evitar el azolve de los canales.

Canales de derivación

El trazo de los canales que deben conducir el agua represada á las partes más altas del terreno regable, para repartirla después entre las regueras, depende de la topografía y constitución del terreno. Hay que tener en cuenta la longitud, el declive y la sección. Para determinar la longitud se corre la nivelación desde el punto más bajo del canal hasta la boca-toma. Como hay que considerar una pendiente muy corta (1 á 5 milímetros por metro), generalmente es necesario hacer muchas curvas y caminar muy lejos para encontrar el nivel á que debemos establecer la toma; otras veces se tropieza con rocas ó terrenos arenosos, que pueden aumentar demasiado el costo de la obra.

Para resolver los problemas referentes á las corrientes

de agua, el Profesor Ingeniero D. Rafael Barba recomienda las fórmulas siguientes:

1ª $v = o8\,u$

2ª $Q = S \times v$

3ª $Q = 50\,l\,h\,\sqrt{h\,i}$

4ª $R = \frac{S}{P}$

5ª $R \times i = 0'0004\,v^2$

6ª $V = 50 \times \sqrt{R \times i}$

errata

Cuyas literales representan:

v Veloeidad media de la corriente.
u Velocidad en la superficie.
S Superficie de la sección del eanal.
P Perímetro mojado.
R Radio medio igual á la relación $\frac{S}{P}$
i Pendiente por metro del fondo del canal.
l Anehura de la Seeeión.
h Profundidad del líquido ó altura del agua.

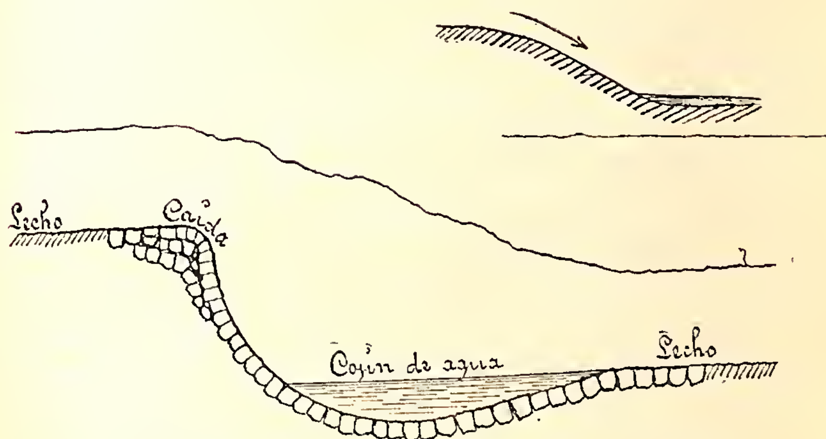
Para determinar la velocidad del agua en un canal, se hace uso del flotador, que nos da la velocidad superficial. La operación es tan conocida, que creo inútil describirla. La velocidad media es igual á los ocho décimos de la velocidad superficial.

Los canales secundarios, contravallados ó contra-apantles, llamados así según las regiones del país, reciben el agua del canal general y son los que la reparten á las regueras.

El trazo de estos canales está indicado tanto por el declive general del terreno como por el particular de cada lote, y depende principalmente de la velocidad que se quiera dar á las aguas.

En todos los canales de riego la sección debe ir disminuyendo constantemente, á fin de que el agua cubra siempre toda la sección, pues como aquélla va mermando, sería inútil una parte del canal y se evitan las pérdidas por evaporación y filtración.

LÁMINA 22



Perfiles de caídas para disminuir la pendiente en los canales

Regueras

Las regueras son las últimas ramificaciones de los canales; afectan la disposición que se observa en las barbas de una pluma, pero su número y disposición verdaderos, dependerán de los accidentes del terreno, teniendo presente que los permeables necesitan mucha agua, y por tanto las regueras deberán situarse más juntas, y que si la pendiente es exagerada se les dará curvatura suficiente para graduar la velocidad del agua; porque si tiene mucha velocidad, arrastra la tierra fértil, y si le falta se estanca.

La clase de cultivo también influye mucho en la disposición de las regueras, pues mientras unas necesitan mucha agua, otras requieren que el riego sea muy ligero. Sin embargo, es preciso tener presente la regla general, de que el agua debe llegar á todas partes sin estancarse en ninguna; aun el arroz mismo, que necesita tanta agua, si se interrumpe la corriente, presenta poco á poco un aspecto triste, como chamuscado, por la asfixia que produce la falta de oxígeno. Este defecto se corrige en parte, quitando el agua por una temporada.

Las tierras muy permeables, como las de turba y arena, hacen sumamente difícil y á veces imposible el riego, cuando se procede por inundación. Algunos terrenos de la ciénega de Zacapú, Michoacán, sólo se riegan por derrame ó permaneciendo rodeados de canales durante muchos días, pues las regueras y aun los vallados se quedan vacíos á los cien metros más ó menos, debido á que el agua se escurre por las muchas grietas y corre por un subsuelo arcilloso para reaparecer en los canales de desagüe.

Accesorios de los canales

A la entrada del canal es indispensable poner una compuerta para regularizar la cantidad de agua. Cuando la pendiente del terreno es demasiado rápida, hemos dicho que puede disminuirse dando curvas y curvas al canal, pero á veces resulta esta operación muy costosa. Otro procedimiento más sencillo es hacer caídas. La pared de la caída se hace bastante resistente, sobre todo en los cimientos; la parte que sufre el choque se hace de cemento, y un poco más adelante se puede emplear la piedra. Estas caídas también

pueden hacerse de madera, pero en ese caso no podrán tener más de un metro de altura. El mejor procedimiento es emplear el colchón de agua (véase la lámina 22).

Aprovechamiento de las aguas que se encuentren en un plano inferior al terreno regable

En este grupo haremos dos divisiones:

1.ª La de las aguas que se encuentran cerca de la superficie, y que para su aprovechamiento se necesite emplear máquinas elevatorias.

2.ª La de las aguas subterráneas, cuyo aprovechamiento exige hacer una perforación con instrumentos á propósito.

Las máquinas elevatorias se dividen en tres grupos:

1.º Máquinas que funcionan por medios esencialmente mecánicos.

2.º Máquinas que funcionan con la intervención de otros medios físicos.

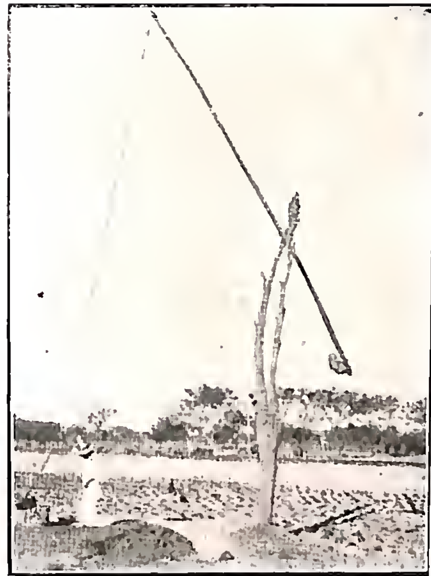
3.º Máquinas que funcionan automáticamente.

En el primer grupo figuran desde el simple cubo hasta las norias más perfeccionadas; el segundo lo forman las bombas, y el tercero está representado por algunas máquinas muy ingeniosas, como el ariete hidráulico, y los "molinos de viento," el "sifón elevador," etc.

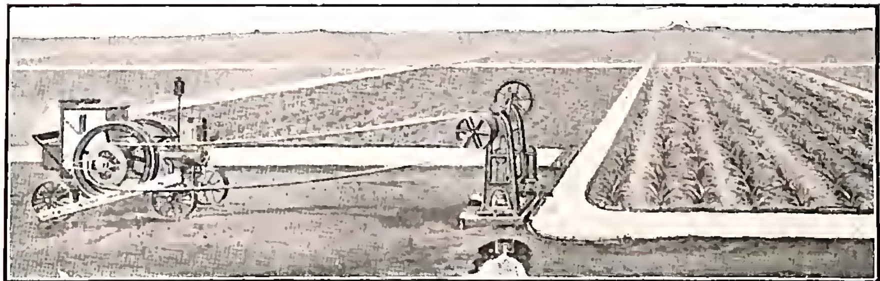
Cuando se trata de elevar el agua de un canal para el riego de extensiones pequeñas, como hortalizas, alfalfares, etc., se puede disponer de un gran número de máquinas sencillas, desde el bambilete de los egipcios, el péndulo, el cubo de báscula, la cubeta holandesa, etc., etc., que están fundados en un simple movimiento de palanca (véase la lámina 23). La cubeta holandesa puede usarse con ventaja para elevar grandes cantidades de agua á pequeña altura, porque se le puede aplicar cualquier clase de motores.

Para pozos y ríos de nivel muy bajo se empleaba antiguamente el torno, pero ahora se prefiere generalmente el rosario ó la noria, que, con menos trabajo, produce mayor rendimiento. Sin embargo, las norias suelen tener varios defectos, como la pérdida de agua por el balanceo y la que se escapa por el respiradero de cada cubo. Las norias per-

LÁMINA 23



Aparato sencillo y económico para elevar pequeñas cantidades de agua



Bomba movida por vapor, para el riego de una hacienda pequeña

feccionadas han evitado el primer defecto con un mecanismo de charnelas, y el segundo por medio de un sifón puesto en cada cubo.

Ruedas hidráulicas

Estas máquinas son sencillas y pueden elevar grandes cantidades de agua á corta altura; suelen usarse para elevar el agua de los ríos; pero como se comprende, la altura de elevación nunca puede ser mayor que el diámetro de la rueda.

Hay muchas clases de ruedas elevatorias; las principales son: la *rueda de paletas*, la *rueda de cajones* y el *tímpano*, así como el *tornillo de Arquímedes*, que se clasifica entre los anteriores por su semejanza en el funcionamiento.

Una *rueda de cajones* de un metro cincuenta centímetros de radio puede regar hasta tres hectáreas en un día. Algunas ruedas pueden elevar el agua hasta alturas de tres y cinco metros, según el diámetro que tengan.

Los *tímpanos* son de construcción más sencilla, de menores dimensiones, y pueden producir el mismo gasto de agua, pero tienen el inconveniente de que como el agua sale á la misma altura del eje y el receptáculo tiene que estar todavía más bajo, no siempre serán económicos.

El *tornillo de Arquímedes* se emplea ventajosamente para alturas de dos á cuatro metros, pudiendo emplear un surco de agua por segundo, á una altura de tres metros.

SEGUNDO GRUPO

Bombas

Las bombas, fundadas, como sabemos, en la presión atmosférica, son unos de los aparatos que han prestado mayores servicios á la irrigación. En los países como el nuestro, abundantes en terrenos donde el agua se resume y corre á poca profundidad, pueden considerarse las bombas como una maravilla.

Estas máquinas se pueden hacer sumamente manuables y consienten la aplicación de toda clase de motores. Las hay aspirantes, impelentes y aspirante-impelentes; el funcionamiento es tan conocido, que creemos ocioso repetirlo; solamente daremos algunos detalles importantes. Las bom-

bas aspirantes se colocan siempre sobre el nivel del agua, á una altura teórica de diez metros y varía, según la altura á que esté el punto con relación al nivel del mar. En el Valle de México esa altura no puede pasar de ocho metros. Las bombas aspirantes derraman el líquido directamente de la parte superior del cuerpo de bomba.

Las bombas impelentes elevan el agua á muy corta altura, y el cuerpo de bomba debe ir sumergido siempre en el agua.

Una bomba aspirante-impelente no es más que una bomba aspirante cuyo tubo de descargue se eleva á mayor altura, en vez de vaciarse directamente.

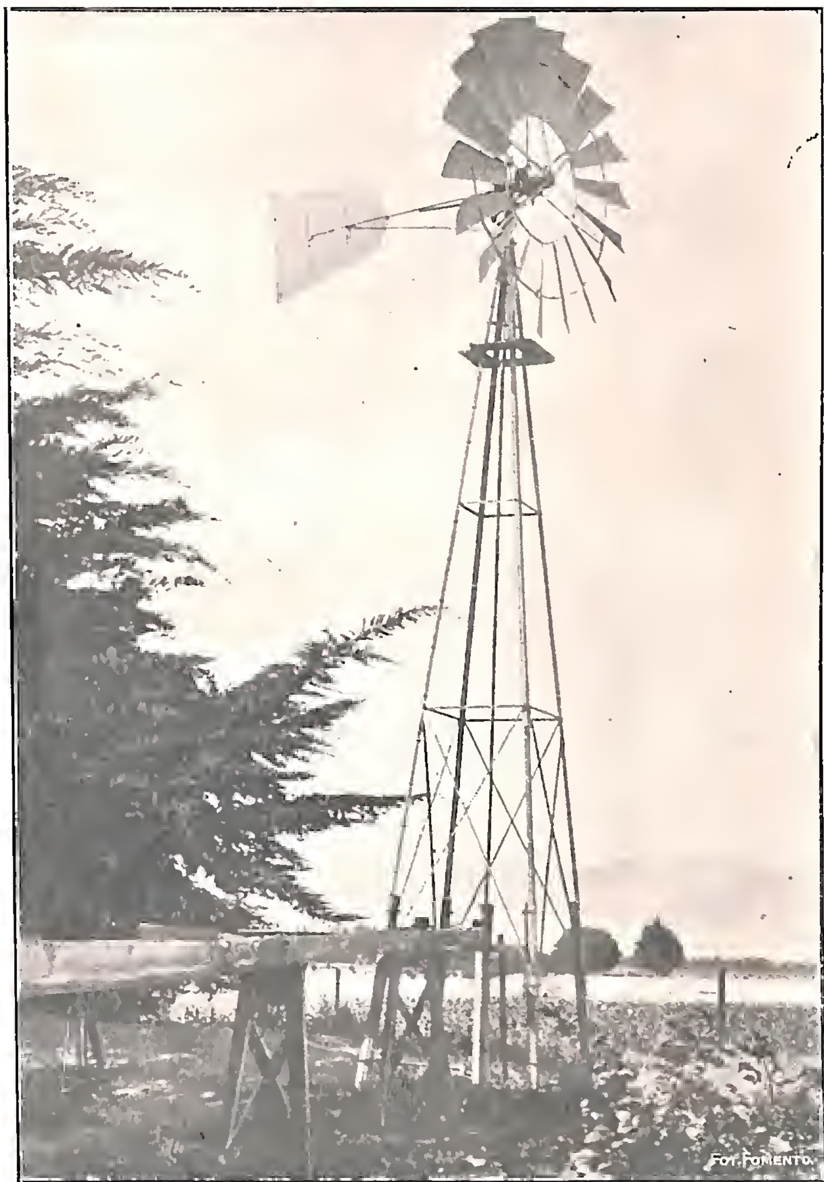
Para impeler el agua á gran altura se la hace pasar primero por una cámara de aire que afecta la forma de una pera, á la cual se puede inyectar aire comprimido *á tantas atmósferas más una,* como veces contenga diez metros la altura de elevación.

Para alturas muy grandes se fracciona la distancia y se ponen varias bombas.

La cantidad de agua que puede elevar una bomba depende del diámetro interior, de la longitud de la carrera del émbolo y de la velocidad. Hay sistemas de doble y triple efecto, que requieren energía en proporción al número de cuerpos y que dan mucho mayor rendimiento (lámina 23).

Centrífugas.—Estas bombas, de gran rendimiento, sirven para elevar grandes cantidades de agua á una altura que no sea mayor de nueve metros. Constan de una caja metálica en cuyo interior gira rápidamente un tímpano, que, en virtud de la fuerza centrífuga, hace circular gran cantidad de agua y la arroja por un tubo que la eleva. Es sólida, sencilla y barata; su único inconveniente es que exige mucha velocidad, y por lo tanto requiere construcción esmerada y bastante vigilancia. Las bombas rotatorias modernas dan mejores resultados, porque elevan el agua á gran altura y disminuyen los defectos de las centrífugas.

LÁMINA 24



Molino de viento empleado en la elevación de las aguas de riego

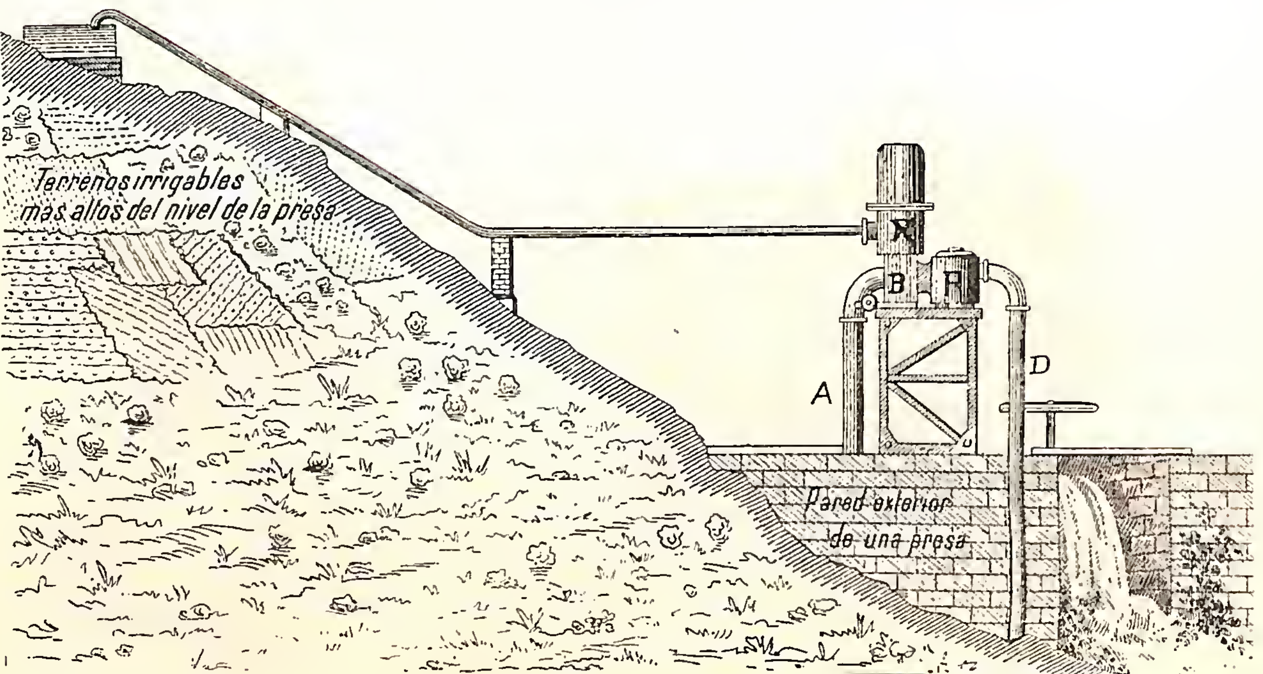
Lámina 25

MOLINO DE VIENTO Y DEPOSITO DE AGUA PARA REGAR CAMPOS POCO EXTENSOS



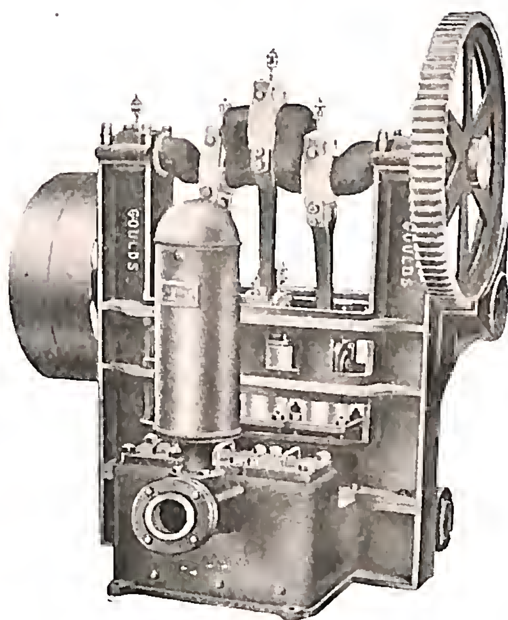
Los muros de este depósito tienen césped para reforzarlo

LÁMINA 26

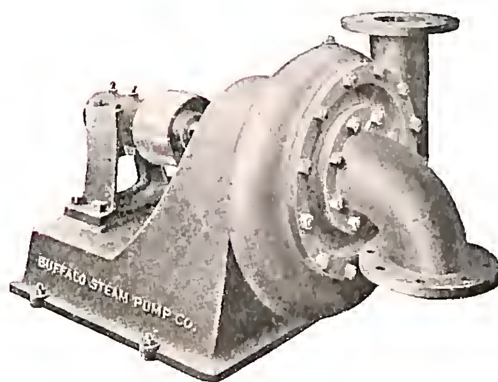


Sifón elevador

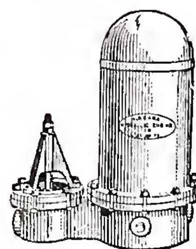
LÁMINA 27



Bomba de émbolo triple



Bomba centrífuga



Ariete hidráulico

TERCER GRUPO

Ariete hidráulico

El principio de este aparato consiste en detener de tiempo en tiempo una corriente de agua descendente, lo cual produce un choque que empuja una válvula. La combinación da por resultado que el agua se eleve á una altura mayor que la de caída; pero en la agricultura resulta poco práctico, debido á que no puede producir sino cantidades de agua muy cortas. [1]

---

1 Los "molinos de viento" son motores económicos que se emplean en diferentos trabajos y que prostan grandes servicios en las comarcas de vientos constantes. Antiguamente se utilizaban exclusivamente para la molienda de granos y de allí tomaron el nombre de molinos; pero ahora se emplean, sobre todo, para mover bombas de émbolo, principalmente en el abastecimiento de agua.

Se comprende desde luego la gran economía de estos motores, puesto que la energía es gratuita y el mecanismo sencillo, pero, como su rendimiento es corto é irregular, exige la construcción de recipientes más ó menos grandes.

En la construcción de estos depósitos se siguen las reglas dadas para las prosas. (véanse las láminas 24 y 25).

El Sifón Elevador tieno por basc el principio físico del sifón, pero ha sido modificado con un mecauismo especial para desviar parte del agua de la columna ascendonte, así como su adaptación para elevar esa agua á mayor altura, en la cantidad y el tiempo quo se quiera.

Las partes esenciales del aparato son: (lámina 26).

A. Tubo ascendente.
D. Tubo descendente.
B. Caja distribuidora.
R. Regulador.
X. mecanismo repartidor.

Hay dos clases de aparatos: los de "elevación normal," que funcionan simplemente con la presión atmosférica y que en la práctica pueden elevar el agua á un máximo de 8 metros y los llamados de "supra-elevación" que pueden elevarla á más de 25 metros.

El gasto de estas máquinas puede ser desde 500 litros hasta 10000 metros cúbicos diarios, pudiendo funcionar á voluntad, sin interrupción y sin mucha vigilancia.

CAPITULO II

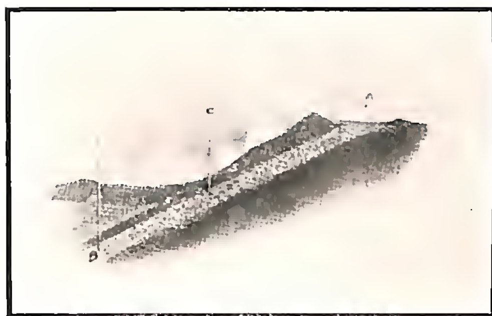
Pozos artesianos

Consideraciones generales

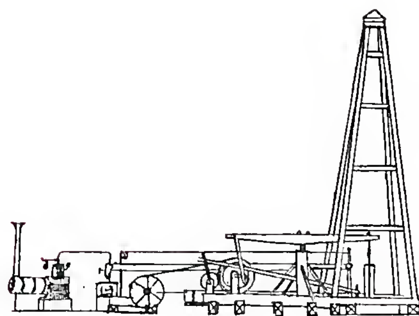
En toda la República hay infinidad de fincas de aspecto mezquino y triste con tierras completamente estériles, porque no les llueve, y que, al parecer, carecen completamente de agua para el riego. Sin embargo, casi todas estas tierras desérticas tienen agua, á mayor ó menor profundidad. El agua que se filtra en los bosques, los numerosos arroyos que bajan de la montaña, y aun grandes ríos que al entrar en la llanura se consumen y se pierden en la arena, necesariamente tienen que seguir un curso inferior, con la misma dirección de la capa impermeable y obedeciendo siempre á la acción de la gravedad.

Eso se observa en todas partes del mundo, y sin embargo, hasta en los lugares más famosos por su espantosa sequedad se ha logrado obtener una cantidad de agua suficiente para el riego. Hay que considerar que, estando los valles formados por varias capas geológicas, podrá encontrarse una ó varias que sean impermeables, y el agua de lluvia ó de cualquier otro origen, que se filtra en lugares más ó menos lejanos, no pudiendo atravesarlas, correrá por sobre ellas para recobrar su nivel, hasta llegar al lugar más bajo, donde se irá acumulando mientras no encuentre salida. Si en estas condiciones se hace una perforación, el agua aprisionada se elevará por ella y aun saltará con fuerza sobre

Lámina 28



Sección demostrativa del principio fundamental
de los pozos artesianos



Instalación completa para la apertura de pozos artesianos
en grande escala

la superficie, al tratar de recobrar su nivel, y en virtud de la ley de los vasos comunicantes.

Estas perforaciones, llamadas ahora *pozos artesianos,* no son cosa nueva; los escritores antiguos cuentan que, en Egipto, durante el reinado de Seti (20.ª dinastía) se perforó un pozo artesiano cuyas aguas abastecían el gran templo de Karnac. Sin embargo, este poderoso medio de fertilizar la tierra no ha tomado suficiente desarrollo, y hasta hace poco estaba abandonado por completo.

Para que el agua pueda salir á la superficie es indispensable:

1.° Precipitación pluvial suficiente, de la cual depende la cantidad de agua existente en las partes interiores.

2.° Que exista, más ó menos próximo, un lugar *más alto* que la suministre, como un lago, un valle, una montaña, un bosque ó una capa permeable.

3.° Que los terrenos superiores sean permeables y los inferiores inpermeables.

4.° Que en las montañas el declive no sea muy pronunciado, pues mientras más suave sea la pendiente, mayores facilidades presentará.

5.° Que la pendiente no esté interrumpida bruscamente con algún escape ó capa absorbente.

En resumen, los pozos artesianos son perforaciones hechas con el fin de alcanzar una corriente subterránea. Un buen sistema de estos pozos, siempre que puedan hacerse, transformará de un año á otro cualquier terreno árido en un campo lleno de riqueza. La Argelia, colocada en parte dentro del mismo desierto del Sahara, con la apertura de estos pozos pudo cultivar mayor número de plantas y formar oasis que han atraído poco á poco las lluvias y cambiado por completo gran parte de aquellos desiertos invasores.

La región Sur de los Estados Unidos presenta idénticas condiciones de aridez que la región Norte de nuestra República, pues no es sino la continuación de la misma altiplanicie; sin embargo, está siendo rápidamente transformada con la apertura de millares de pozos artesianos, que han sido factores de muchas riquezas y han iniciado tal progreso, que algunos aseguran que sus campos presentan aho-

ra el modelo de la agricultura floreciente y el ejemplo de lo que debemos hacer nosotros para alcanzar riqueza y poderío. Pero ahí los habitantes no están esperando el apoyo y consejo del Gobierno, ni se conforman con lo que cada uno pueda hacer; no, allí abunda la asociación agrícola, el amor al trabajo y el hábito de previsión; han sabido apreciar el valor del tiempo y la verdad del gran principio sociológico: *la unión es la fuerza.*

Estudio de las corrientes subterráneas

En estas investigaciones es preciso tener conocimientos prácticos de Geología y Topografía para poder deducir, de la conformación y constitución del terreno, los lugares más propios para realizar las perforaciones con buen éxito.

Desde luego la configuración exterior nos indicará de una manera general la dirección de las corrientes superficiales; y como en la mayor parte de los casos la inclinación del terreno continúa en la misma dirección debajo del nivel del valle, la corriente de agua sigue casi siempre el mismo camino; sin embargo, es necesario observar la estratificación de las capas y tener presente que para que pueda subsistir una corriente de agua es indispensable que ésta se apoye sobre una capa impermeable.

Como el agua obedece á la acción de la gravedad, la corriente se encontrará siempre en los thalwegs y seguirá todas sus inflecciones; de lo cual se deduce que en la confluencia de ellos habrá más agua y que ésta irá aumentando hasta el lugar más profundo.

Reglas de Paramelle

1.ª Con pocas excepciones, en cada valle, cañada ó pliegue del terreno existe un curso de agua aparente ó interior.

2.ª Al pie de las montañas boscosas, ó sea en su límite con el valle, se debe encontrar un manantial.

3.ª A toda corriente subterránea corresponde generalmente otra corriente en la superficie, más ó menos desviada por las crecientes, ó sepultada por nuevas estratificaciones.

Para distinguir bien los thalwegs en los valles grandes, hay que examinar y fijarse bien en la dirección y las hue-

Lámina 29

Determinacion de la profundidad de las corrientes

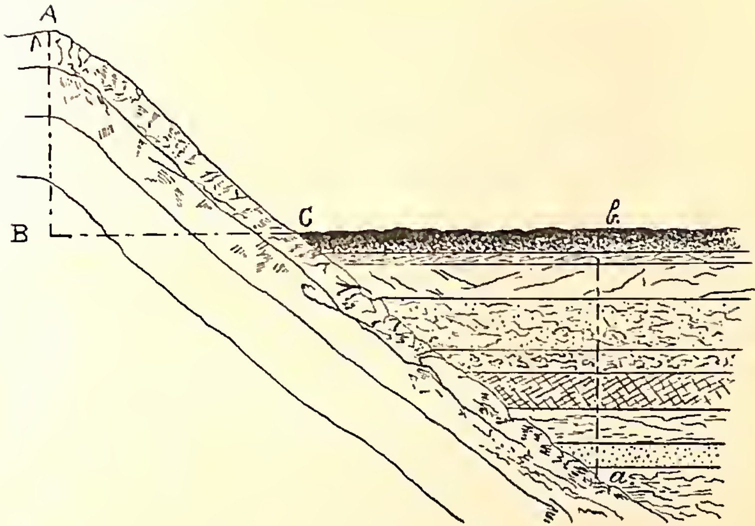


Fig. 1

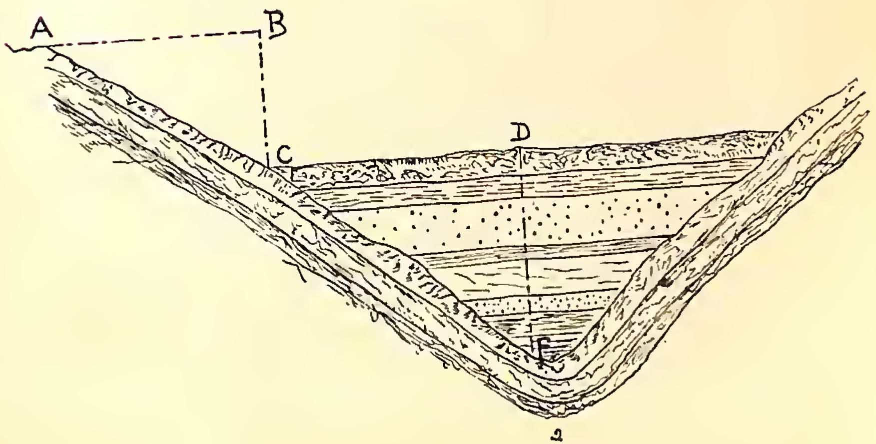


Fig. 2

llas que dejan las corrientes superficiales desde su origen.

Las reglas anteriores se refieren á los manantiales de los valles; para saber si puede haber agua en una montaña, deberá estudiarse su forma, estructura y composición: deberá examinarse desde la cresta si está formada de rocas compactas sin estratificación, ó en capas más ó menos onduladas; si son permeables ó impermeables, así como el sentido de su estratificación.

En el caso de rocas compactas, podrá haber manantiales si los terrenos superiores son permeables ó presentan planos de separación por donde puedan filtrarse las aguas.

Determinación de la profundidad de las corrientes subterráneas

Para calcular la profundidad de una corriente de agua se supone que, en general, la pendiente de una montaña continúa con la misma inclinación en su parte subterránea, es decir, debajo del nivel del plano del valle, y en consecuencia la profundidad será mayor á medida que aumente la distancia entre el pie de la montaña y el lugar de la perforación. En ese supuesto podemos calcular las dimensiones de la perforación, y por consiguiente su costo, teniendo en cuenta: el ángulo de la pendiente, la altura de la montaña ú origen del agua y la distancia que hay de esa montaña al lugar de la perforación, puesto que se forman dos triángulos semejantes, como se ve en la figura 1, lámina 29.

El célebre hidrólogo Paramelle dice á este respecto: "En la perforación sobre un thalweg se observará, primero, si la corriente está á descubierto en algún punto, y de esta base se lleva una nivelación al lugar donde se quiera perforar: la diferencia de nivel dará la profundidad."

Para el caso de perforar en un punto lejano á la fuente descubierta ó de gran desnivel respecto de ella, Paramelle dice: "El fondo de casi todos los valles está lleno de terreno de acarreo, excepto en las estrangulaciones; y habiéndome persuadido por millares de experiencias, que en la línea de intersección de las dos pendientes del valle está la mayor profundidad en que el agua se encuentra, se determinará por los medios indicados el punto del thalweg en que se deba hacer la perforación, y se pone allí una es-

taca ó jalón; se mide la distancia que hay entre la estaca y uno de los costados del valle; se nivela este costado, para conocer su altura y la distancia horizontal que hay entre su cresta y una línea vertical que se eleva del pie del costado. Esta altura y esta distancia se compone de las alturas y las distancias parciales que se han obtenido en las estaciones de la nivelación. Terminada la operación, se establece esta proporción: La distancia que hay entre la cornisa y la línea vertical que parte del pie del costado, es á la altura del costado, como la distancia horizontal que hay entre el pie del costado y el punto en que se va á operar, es á la profundidad de la fuente. De los triángulos A B C y C D F (figura 2, lámina 29) se deduce la proporción

$$AB : BC :: CD : DF$$

de donde

$$DF = \frac{BC \times CD}{AB}$$

Según M. Bárcena, las montañas de caliza compacta presentan pocos manantiales, porque generalmente tienen galerías numerosas por donde se escapa el agua á grandes profundidades. En cambio los lomeríos de tobas, margas, aluviones y arcillas, por estar apoyadas frecuentemente sobre rocas ígneas ó metamórficas, reciben las corrientes que éstas llevan.

Aparatos y útiles principales empleados en la perforación de los pozos artesianos

Estos aparatos varían con el sistema de sondeo, pero en general pueden clasificarse así:

Aparatos de sostén y movimiento: Cabria, torno y motor.

Instrumentos perforadores: Trépano, que actúa por percusión; barreno tarraja y corona, que trabajan por rotación.

Aparatos limpiadores: Cuchara, bombas, inyectores de agua á presión.

Instrumentos accesorios: como cabezas y tallos de sonda, collares, caracol, garabato, etc.

Lámina 30



Pozo artesiano para la irrigación.—Gasto: 83 litros por segundo
Hacienda de Gogorrón.—San Luis Potosí

Sistemas de sondeo

Los sistemas principales son: Sistema chino, sistema anglo-germánico, sistema Fauvelle y sistema á Diamante.

Cuando el sondeo tenga que hacerse en terreno blando y á menos de 100 metros de profundidad, puede ser más económico emplear aparatos sencillos movidos á mano, tanto más si no se hacen muchos pozos.

En el sistema chino ó sondeo á la cuerda, se trabaja por percusión con un trépano suspendido por un cable; sus inconvenientes principales son: lentitud, fácil ruptura del cable, pérdida de útiles, deformación del pozo, etc.

El sistema anglo-germánico sustituye el cable por barra rígida de fierro. Es sumamente pesado para grandes profundidades.

El sistema Fauvelle emplea sonda hueca, trépano y circulación de agua; da resultados bastante buenos.

Para terrenos muy duros se emplea el sistema á Diamante; este sondeo se practica como el anterior, con tubo hueco y circulación de agua, pero se diferencia en que el trépano trabaja por rotación con una corona dentada que se atornilla en la parte inferior; los dientes de esta corona pueden ser de acero ó de diamante negro.

Para terminar lo relativo á los pozos artesianos agregaremos que, para asegurar con certeza absoluta la presencia ó ausencia de una corriente subterránea en un lugar determinado, es indispensable hacer un estudio detallado de la geología é hidrología de la comarca; que los procedimientos empíricos, pregonados desde la antigüedad por charlatanes más ó menos atrevidos, deben desecharse siempre; y que aunque últimamente se han inventado aparatos ingeniosos fundados en la acústica ó en la fuerza magnética que parece desarrollar una corriente subterránea, la conclusión favorable de los experimentos y pruebas practicadas hasta ahora no tiene la solidez suficiente que la práctica exige.



Modo de hacer el riego

El modo y el tiempo oportuno de suministrar el agua de riego tiene gran importancia, principalmente cuando se tiene el agua limitada. La mayoría de nuestros campesinos se empeñan en dar el riego exactamente como lo han aprendido de sus antecesores, sin aceptar los consejos de personas que se basan en la ciencia. Esto da por resultado que el riego generalmente sea desigual: algunas veces falta agua, y otras, que es lo más general, la planta se perjudica por exceso, pues hay tendencia á regar siempre por inundación.

Hay varios modos de regar; pero cualesquiera que sean, pueden referirse más ó menos á uno de estos tres sistemas: sistema por inundación, sistema por filtración y sistema por derrame.

Riegos por inundación

Para regar por inundación se comienza por represar la corriente con un dique y en seguida se abre la compuerta para que el agua se extienda á voluntad sobre el terreno, hasta cubrirlo por completo. La duración de este riego no debe pasar de veinticuatro horas; exige mucha agua, pero es el más sencillo y barato, tanto más si se saben aprovechar las circunstancias favorables.

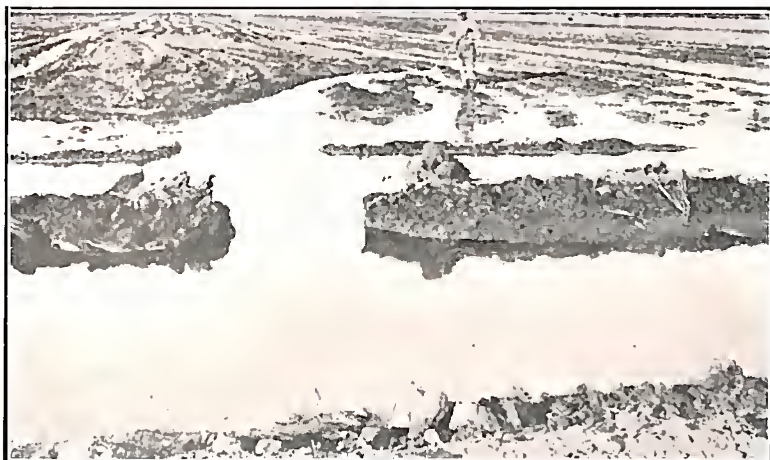
Este sistema es el que cuenta con la ventaja de ahogar las tuzas, ratas, insectos y muchos otros animales difíciles de destruir por otros medios. Además, el limo del agua se deposita totalmente. Se emplea este riego para los árboles y praderas. (Véase la lámina 31, figura 1.)

Riegos por filtración

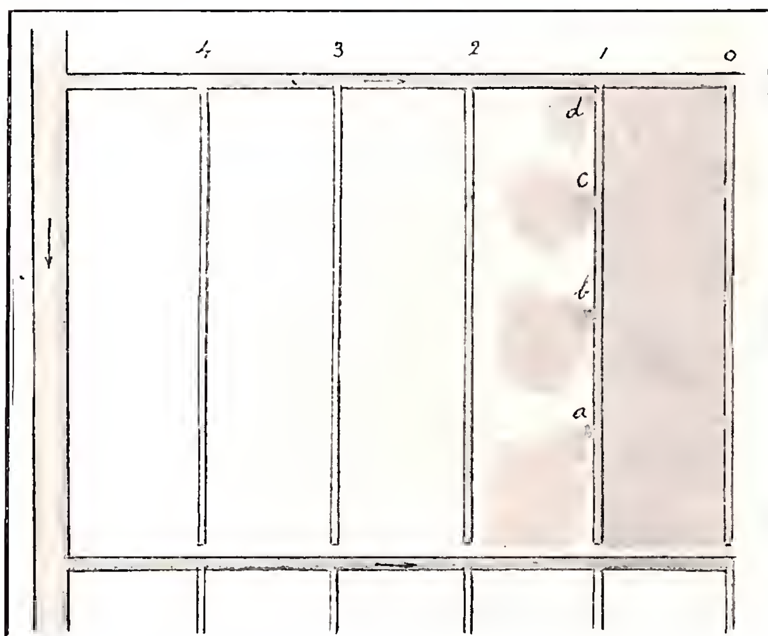
Este, que se emplea sólo en terrenos permeables, consiste en rodear el terreno por canales que se mantienen completamente llenos de agua, represándola con tomas ó por compuertas. En las tierras menos permeables se multiplica el número de vallados. Cuando la tierra está bien mojada, se vacían los canales completamente para que se escurra el exceso de agua. En las haciendas de la exciénega de Zacapú (Michoacán) riegan muchas leguas de terreno por este sistema.

LÁMINA 31

SISTEMAS DE RIEGO



Riego por inundación.—Con este método de irrigación hay gran desperdicio de agua



Sistema do regueras a nivel

Riegos por derrame

Este sistema comprende dos métodos: el de regueras á nivel y el de camellones.

El primer método es el más sencillo, requiere menos agua y menos gasto. Necesita terreno algo inclinado.

Se comienza por abrir una zanja en la dirección del declive, para que reciba el agua del canal y la reparta entre las regueras; estas últimas se disponen como las barbas de una pluma y de manera que el terreno quede dividido en parcelas rectangulares de diez, veinte ó más metros, según la permeabilidad del terreno y la cantidad de agua de que se disponga.

El agua penetra por la acequia A, como se ve en la figura 2, lámina 31, y puede repartirse entre las regueras 1, 2, 3, etc., hasta donde alcance el líquido. Supongamos la reguera 1. Se deja que el agua penetre hasta el otro extremo y luego se abre una boca *a*, por la que se derrama el líquido hasta los nueve décimos del ancho de la parcela; lo mismo se repite con las bocas *b*, *c*, *d*, etc., hasta cubrir siempre los nueve décimos del ancho, para que con la que siga escurriendo se complete el riego de la parcela. Cuando se ha terminado en la primera reguera, se pasa á la segunda, después á la tercera, y así sucesivamente, pudiendo llevarse al mismo tiempo dos ó más regueras, según el caudal de agua de que se disponga.

El segundo método consiste en disponer el terreno en lomas perpendiculares al canal; cada una de estas parcelas debe estar atravesada en toda su longitud por una reguera que queda situada en la parte más alta ó eje de la loma, y puede derramar el agua á uno y otro lado, para regar los dos planos inclinados que forman la loma.

Este método, como el anterior, puede aplicarse á la mayoría de los cereales y plantas forrajeras.

Al hablar del riego en algunas plantas, veremos otros modos de disponer el terreno.

Hay veces en que la configuración y composición difieren hasta en un mismo terreno, y entonces habrá que combinar los sistemas anteriores y regar cada lugar conforme lo necesite. Dicha combinación debe ser bien estudiada, á fin de que en todo caso se satisfagan las condiciones siguientes:

1.ª Canal de derivación más alto que el terreno regable.
2.ª Canal de desagüe más bajo que el terreno regable.
3.ª Que todo quede dispuesto de manera que el agua pueda llegar á todas partes, sin estancarse en ninguna.

Indicaciones sobre el riego en algunas de las principales plantas cultivadas

En general, para que un terreno pueda regarse de un modo fácil y barato, es conveniente prepararlo bien, á fin de que el agua escurra libremente y se pueda economizar. Para este fin se empleará en cada cultivo el método que más le aproveche y conforme á las circunstancias que se presenten.

Para regar con economía un terreno baldío ó los espacios de cultivo intercalados entre los árboles, es conveniente surcarlos con un arado de doble vertedera, ó con surcadoras especiales, como lo representa la figura 1, lámina 32. El agua corre en este caso como en el sistema de regueras á nivel, solamente que aquí, en vez de derramar sobre una superficie plana, se reparte más conformemente, siguiendo con rapidez la dirección de los surcos. (Véase la figura 2, lámina 32.)

Para un riego ligero los surcos se harán como se ve en la misma figura, esto es, juntos y poco profundos; pero en un terreno seco y que interese conservar la humedad por mucho tiempo, se harán las regueras más separadas (como de tres metros ó más), pero con una profundidad mucho mayor. (Figura 2, lámina 34.)

Muchas veces se tiene el agua muy limitada, y conviene que se reparta con la mayor igualdad posible; entonces se emplean pequeños partidores, como tejas de barro, canales ó tubos de madera ó fierro, con una sección determinada, según el gasto que necesite cada surco; éstos tienen la ventaja de que pueden transportar á cada grupo de surcos que se riegan.

Otro modo de economizar agua, principalmente en terrenos muy permeables, es conduciéndola por caños de madera, barro ó fierro, y aun de cemento, que lleven á distancias iguales una compuerta para regularizar la salida del agua. Otra de las figuras que presentamos indica cómo es un campo regado con estos canales. (Figura 1, lámina 33.)

Por último, cuando la evaporación es muy considerable,

LÁMINA 32

MODO DE ECONOMIZAR EL AGUA



Fig. 1.—Máquina surcadora



Fig. 2.—Campo despejado en el cual no hay obstáculos para una buena distribución de agua

Lámina 33

Modo de economizar el agua



Fig. 1.



Fig. 2.—Sistema de llenar los cuadros en el riego de huerto por medio de tubos separables. Una gran economía de agua

Lámina 34

Riegos por filtración



Fig. 1.



Fig. 2.—Riego de olivos

como sucede en los climas ardientes, pueden usarse conductos cerrados de barro, fierro ó cemento. No menciono la madera, por las deformaciones y accidentes á que está sujeta. Sin embargo, en algunos casos puede emplearse. Este procedimiento evita á la vez la filtración, la evaporación, así como la limpia frecuente que exigen los vallados cuando se azolvan por la tierra que se agrieta y desmorona, y por la hierba que nace en ellos.

Por supuesto que en cualquier clase de riego el agua tiene que represarse en el canal á una distancia proporcional al número de surcos, cuadros, cajetes, etc., que se trata de regar en una tanda, con el objeto de mantener el agua á un nivel superior y pueda de ese modo penetrar á todos los surcos. Esta represa se hace ya por medio de tomas de tierra, lo que tiene el inconveniente de azolvar los caños, ó mejor por medio de compuertas de tela, madera ó metal, que son sumamente cómodas.

errata

Riego en el trigo y demás cereales sembrados á boleo

errata

Ya hemos indicado que el trigo debe regarse por el sistema de regueras á nivel, y añadiremos que es muy conveniente dejar preparado el terreno para el riego á medida que se va haciendo la siembra, pues de este modo se economizará el tiempo y se evitará la pérdida de muchas plantas que se arrancan al hacer las regueras cuando la planta está nacida.

Número de riegos

No siendo posible dar una regla para todos los casos, nos referiremos únicamente á las tierras de composición media y caída pluvial de un metro al año, debiendo variar los datos con las diferencias de clima y suelo. Sin alejarse mucho de estas condiciones, la regla general es dar tres riegos, pero conviene aplicarlos á su debido tiempo. En primer lugar, antes de la siembra, el terreno debe estar muy húmedo para que germine toda la semilla. Si el terreno no tiene la humedad suficiente, se regará antes de la siembra. Algunos terrenos muy permeables necesitan riego de asiento, pero son raros.

Más ó menos, al mes de nacida la planta es cuando conviene regarla; á esto se le llama vulgarmente *riego de enraice y amacolle.*

Después que el trigo está perfectamente enraizado, macollado, encañado, y antes de que florezca, se da el último riego.

Lo anterior se refiere á una tierra arcillo-arenosa ó arcillo-calcárea, en general, pues es raro encontrar que estas tierras necesiten más riegos cuando se encuentra en lugares en que la atmósfera no es muy seca y los nublados son frecuentes en la época de fructificación; por el contrario, abundan más los lugares de tierra franca ó un poco arcillosa, en los que el riego de fructificación es más perjudicial que benéfico, pues si bien en algunos casos las plantas sufren más ó menos por la falta de este riego, la práctica va comprobando que no es enteramente necesario, y en cambio se retarda la madurez y se favorece el desarrollo de las enfermedades que, como el chahuixtle, carbón, caries, etc., son el terror de los agricultores. Hay muchos lugares en que sembrando el trigo con semilla precoz y con bastante humedad, no necesitan más que un solo riego, suministrado al macollar ó encañar; en otras partes no bastan los tres riegos mencionados, y dan cuatro ó más, ya sea por la sequedad de la atmósfera ó por la mucha permeabilidad del suelo. Pero en cualquier caso hay que tener presente que no se debe regar una planta cuando está floreando, porque el riego da vigor y todo ser que se vigoriza disminuye en fecundidad. Hay algunas plantas, como por ejemplo el maíz, á las que sí conviene el riego en la época de floración; pero no porque haga excepción á la ley fisiológica que mencionamos, sino que en esta planta los pistilos ó "cabellos" son tan largos y delicados, que, cuando falta humedad, se debilitan, se marchitan y entonces la tripa polínica, no siendo bien alimentada, carece de vigor para atravesar el estilo y llegar al ovario para fecundar los óvulos.

Riego en el maíz, remolacha, papa y otras plantas que se cultivan en surcos y de una manera semejante

En la República la mayor parte del maíz se siembra de temporal; sin embargo, en algunas comarcas aplican el riego mientras llegan las lluvias, ó para completar su acción, cuando son escasas, y aun hay lugares que exigen agua durante todo el tiempo de vegetación.



Fig. 1.—Riego de las plantas sembradas en surcos



Riego de la vid

El maíz de riego recibe generalmente cinco de ellos; pero algunas veces sólo necesita dos ó tres.

La remolacha, el chile, la papa y el camote, generalmente requieren mayor número de riegos, pero mucho más ligeros, porque estas plantas son más sensibles al exceso de humedad.

Los datos verdaderamente prácticos para cada lugar son, como en todas las plantas, los adquiridos por el estudio de las condiciones del terreno, del clima y exigencias de la variedad cultivada, comprobado todo esto con la experimentación local.

Para practicar el riego se empieza por dar una labor ligera con el cultivador, que tiene por objeto esponjar la tierra y dejar expedita la corriente. Después se trazan las regueras, que llevarán el agua á los surcos á una distancia variable, según la permeabilidad del terreno, pero de manera que en cada fracción de surco el agua alcance á salir de un extremo á otro. (Figura 1, lámina 35.)

Si en lugar de riego rápido se desea que el agua permanezca por más tiempo en el terreno, se represa con pequeñas tomas y se le obliga á circular lo más posible.

Riego en el arroz

El arroz es una planta acuática cuyo grano se consume en la alimentación de muchos pueblos; pero como su cultivo aumenta la insalubridad, la agricultura y la higiene tratan de resolver el problema con el cultivo de secano; más los ensayos practicados hasta ahora no dan todavía un resultado satisfactorio.

En cualquier caso el riego es lo más importante en el cultivo del arroz. Nos referiremos únicamente al cultivo encharcado, es decir, de riego permanente. En este caso la planta necesita un riego continuo; la raíz debe de estar siempre entre el agua (excepto en algunos casos en que se suspende el riego á juicio de los prácticos); pero esa agua no debe estancarse, como comúnmente se cree, sino que debe tener una corriente ligera, á fin de que no se caliente y de que el aire disuelto pueda ser renovado; pues si el agua se estanca por descuido, sobreviene una asfixia en la planta, y se manifiesta desde luego por languidez y pérdida de color, quedando al fin como chamuscada. El perjuicio sólo

puede evitarse en parte suspendiendo el riego durante ocho ó más días.

Por lo asentado anteriormente se comprende que el riego en el arroz está tan íntimamente ligado con su cultivo, que es imposible hablar del uno sin mencionar lo otro, lo cual nos disculpará si nos apartamos algo de nuestro estudio principal.

En algunos lugares se sigue el cultivo más rudimentario, como es sembrar á boleo en terreno previamente inundado, dejar el campo sin cultivo hasta que tenga mucha hierba, y entonces quitar el agua para llevar á pastar el ganado, y después volver á regar, con el objeto de que retoñe únicamente el arroz que ha sido podado por los animales.

En general el cultivo del arroz se divide en dos clases: el *cultivo extensivo* y el *cultivo intensivo*. El primer sistema se emplea en casi todos los centros productores de arroz en la República, exceptuando solamente el Estado de Morelos, y se comprende fácilmente, puesto que en México el capital y el trabajo son escasos y caros. Así, si recorremos algunos centros productores: Michoacán, Colima, Guerrero y Veracruz, observaremos que el cultivo difiere en muchos detalles por las diferentes condiciones agrícolas y económicas, pero en general, el procedimiento es: labrar y emparejar bien el terreno; de Marzo á Julio sembrar á boleo grandes extensiones, después de haber rebotado el agua con un aparato más ó menos simple, semejante al que se ve en la lámina 36, para que el lodo se deposite encima de la semilla; en mantener al principio una capa de agua de 6 á 12 centímetros, que se aumenta después á medida que crece la planta, y finalmente, en cultivar arroz un solo año, siguiendo á éste dos ó cuatro años de descanso, para evitar la aclimatación de malas hierbas y el agotamiento del terreno.

En el centro productor de Puebla y parte de Morelos se dispone el cultivo en líneas más ó menos próximas á las curvas de nivel, y se dan labores á mano para quitar la hierba. En Louisiana (E. U. A.), Lombardía (Italia) y en algunas colonias inglesas, se practica un cultivo semejante. Y tanto en el extranjero como aquí, se emplean máquinas sembradoras, segadoras y trilladoras en la mayor parte de las explotaciones de cultivo en grande escala.

rata

LÁMINA 36



Cliché de Fomento.—Obra de Olsson Seffer

Cultivo primitivo del arroz en el Japón

LÁMINA 37



Cultivo y riego del arroz en el Japón

Riego del arroz en Jojutla

El segundo sistema ó cultivo intensivo se sigue en el Distrito de Jojutla, y no hay noticias de que se practique en alguna otra parte de la República; lo que se hace allí, aunque no es con toda la perfección de una agricultura científica, sí hasta donde lo permite el monopolio de los ferrocarriles y los privilegios de la minería: el cultivo que allí se hace es un verdadero trabajo de jardinería, semejante al que se sigue en China y el Japón (lámina 37), con la diferencia de que allá el jornal es muy barato y trabajan hasta las mujeres y los niños; pueden abonar fácilmente y el Gobierno protege la producción del arroz porque es artículo de primera necesidad; aquí la mano de obra es escasa y cara; el cultivo, la circulación y el consumo están gravados con fuertes impuestos, y no se abona porque los fletes son muy altos.

Antiguamente se cultivaba el arroz en líneas; pero el sistema de almácigas, bordeo para el riego, trasplante doble, deshierbe y volteos á mano, se ha ido generalizando y actualmente es el preferido en toda la comarca.

El terreno nunca se deja de cultivar, pues se emplea la rotación: *dos años de caña por uno de arroz:* con ese sistema se destruyen las malas hierbas, y el terreno, antes pedregoso, ha formado en diez años de cultivo una capa de aluvión de 0^m75 de espesor, lo que ha tenido lugar á causa del sistema en que se cultiva el arroz y al empleo de agua turbia del río Higuerón (lámina 39); lo cual equivale á un entarquinamiento.

Disposición del riego

Una vez labrado y listo el terreno, se lleva el agua á la parte superior, se deja que corra y se van haciendo las melgas con bordos de tierra de 0^m30 á 0^m50 de altura. La forma y dimensiones varían según la pendiente; poco más ó menos se hacen de cinco metros de ancho por veinte de largo, pero casi siempre son muy irregulares, porque los bordos se van formando donde lo pide el nivel del agua, de manera que la capa de líquido cubra toda la melga á una misma altura, para lo cual es preciso emparejar el suelo,

quitando con una pala las lomas y huecos que hubiese; hecho esto, se traen las plantas de la almáciga y se van plantando á $0^{m}15$, con ayuda de una estaquita. Los cuidados de cultivo consisten en mantener limpia la planta, con labores hechas á mano; vigilar la integridad de los bordos y la corriente del agua.

La lámina 38 representa un campo dispuesto para plantar; en ella se ven perfectamente las disposiciones que acabo de indicar.

Este laborioso método de cultivar el arroz parece, á primera vista, imposible de realizar en un país, como el nuestro, donde las condiciones económicas son tan desfavorables para el cultivo de este cereal, y sin embargo, las grandes cantidades de dinero que allí derrochan los campesinos, los elevados intereses y rentas que se pagan á los Bancos y las riquezas que como beneficio quedan al agricultor (hacendado, empresario ó arrendatario), vienen á demostrar una vez más el gran poder del agua como factor de la agricultura para aumentar la riqueza nacional.

Riego de la caña de azúcar

Para dar el riego á la caña, los prácticos sólo se guían por el examen directo de la tierra y de la planta; sin embargo, aunque sus disposiciones varían muchísimo, según el clima, costumbres y necesidades locales, pueden sujetarse á unas cuantas reglas generales.

Nos referiremos á este cultivo del Estado de Morelos.

1.º *Disposiciones del terreno.*—Cuando el terreno ha quedado bien preparado con las tres ó cinco labores que se dan generalmente, se traza el primer surco á mitad del terreno, siguiendo una pendiente determinada, que varía algo con la clase de tierra. Los prácticos dan esta pendiente á ojo, pero evidentemente que será mucho mejor determinarla con el nivel. Haciendo uso de este instrumento, generalmente se da un milímetro por metro para tierras sueltas; dos á tres milímetros para las de composición media, como las arcillo-arenosas y arcillo-calcáreas; cuatro á cinco milímetros para las arcillosas, y así en proporción para las demás tierras, teniendo en cuenta que lo esencial es que el agua ni se estanque ni arrastre la tierra y descubra parte de la caña.

Lámina 38



Disposición de las melgas para el riego y cultivo del arroz
en Jojutla, Morelos



Río Higuerón.—Estado de Morelos

Después de este surco directriz, llamado *maestro*, se trazan los demás paralelamente á él. Si la pendiente es uniforme, todos los surcos quedarán paralelos entre sí; pero lo general es que cambie más ó menos bruscamente, y entonces hay que hacer que los surcos sigan la curva de nivel que les corresponde. En la práctica se recurre á otros surcos pequeños, llamados *coconetes en favor* y *coconetes en contra,* que se colocan en las extremidades de los surcos; así como los llamados *pañuelos,* cuando el nivel está en el centro.

Después de surcado el terreno, se procede al *redondeo,* que consiste en trazar en las cabeceras por donde entra el agua, dos caños paralelos y á un metro de distancia, que se llaman *apantle* y *contra-apantle.* El primero recibe el agua del canal ó apantle principal, para el riego de toda la tabla, y el segundo recibe el agua de cada tendida, que se compone de diez ó doce surcos.

Por los otros dos lados más bajos de la tabla ó suerte se hace un solo caño, llamado *acholotera,* y destinado á colectar las aguas sobrantes.

En los primeros riegos el agua no corre por toda la longitud de los surcos, sino que éstos se dividen en secciones por medio de apantles intermedios. Estas regueras cortan los surcos siguiendo la pendiente máxima.

Finalmente, la distancia entre los surcos, aunque se hace por lo general de un metro, debe estar proporcionado á la variedad de caña que se cultive.

La tarea de trabajo para la siembra y riego, se llama *apantleo,* y consta de veinticinco surcos, aunque en otros lugares la cuentan de treinta y siete y cuarenta y cuatro.

Número de riegos y modo de suministrarlos

Se pueden considerar dos períodos diferentes en el riego de la caña de azúcar: el primero, contado desde la siembra hasta que se endereza la suerte, es decir, cuando se han borrado todas las regueras intermedias y se hace el riego de punta á punta, y el segundo período, desde esta época hasta poco más ó menos un mes antes del corte.

Primera época.—No se puede fijar exactamente el número de riegos, pero la regla general es dar dos después de cada labor, llamándose al primero *riego de asiento;* así, inmediatamente después de la siembra se da el primero, y transcu-

rrida una semana se repite. Luego, entre cada dos escardas, que generalmente son cinco, se va intercalando un riego de asiento y otro á los ocho días.

Pasada una quincena de los dos riegos correspondientes á la quinta escarda, se dan otras labores llamadas *primeros arados* (las labores anteriores se dan con coa); terminados éstos, se dan los dos riegos correspondientes, pero en ellos se va borrando un apantle intermedio, de manera que la longitud de los surcos es doble; á este trabajo se llama *mancornar apantles,* y sirve para que el agua recorra mayor distancia.

Después de quince días se da una nueva escarda á mano y tres riegos, con intervalos de una semana.

Transcurridos otros veinte días, se dan los últimos arados, y el riego se practica conservando una sola reguera intermedia.

Por último, cuando la planta comienza á encañar, se endereza la suerte.

El mancornar los apantles tiene por objeto facilitar á las plantas mayor humedad á medida que van creciendo y al mismo tiempo economizar regadores; por esta razón, siempre que el terreno lo permita, se da una extensión hasta de veinticuatro regueras.

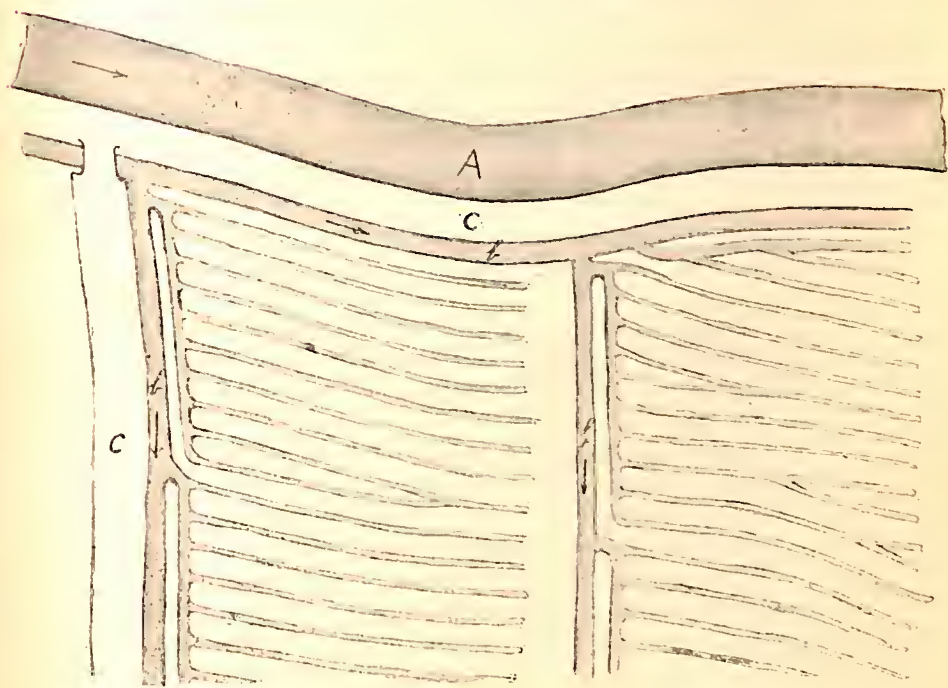
Segunda época.—Después de enderezar la suerte, es preciso regar más seguido, dependiendo esto de la época, de la composición del terreno y de su inclinación, porque puede haber terrenos que en tiempo de lluvias necesiten riego, y otros que por ser planos les perjudicaría. Algunos prácticos deducen por el ruido especial de las hojas, cuándo la planta necesita agua; pero lo que en lo general se hace, es observar constantemente el terreno, y si está húmedo no se riega. Casi en todas partes usan recorrer el riego sucesivamente por cada campo, y cuando se termina, se empieza de nuevo por el primero.

Es preciso vigilar bien al finalizar cada riego; no basta con observar la salida del agua, porque puede suceder que algunos surcos se rompan en el interior del plantío y el agua salte sin regar, lo que sería de funestas consecuencias para el sembrado.

Este sistema de riegos se sigue en las haciendas del Distrito de Jojutla, y si lo cito es sólo con objeto de dar una idea general del procedimiento, pues repito que el riego

Lámina 40

Riego de la caña de azucar



A.—Apantle o canal general.
b.—Contra-apantle o reguera.
c.—Camino.

es la parte del cultivo de la caña que más se modifica con las circunstancias de clima, suelo y costumbres.

Riego en el café, cacao y otros arbustos ó plantas económicas semejantes

Como estos cultivos son propios de climas calientes y húmedos, generalmente no se riegan; pero existen zonas cafeteras relativamente secas en Michoacán, Guerrero, Morelos y Oaxaca, que exigen el auxilio del riego, por lo menos en tiempo de secas.

El riego es el primero y principal cuidado de estas plantas cuando están en la almáciga; se comienza desde que se siembra la semilla, y debe practicarse diariamente hasta que todas las plantas hayan brotado. Desde esta época hasta el trasplante se dará el riego cada vez que la tierra lo necesite, de manera que siempre esté húmeda, pero procurando moderarlo para que la planta crezca con su simetría habitual.

Después del trasplante debe darse siempre un riego (riego de asiento), á fin de que las raicecillas tengan íntimo contacto con la tierra y las disoluciones que se encuentran en ella.

Ya hemos dicho que no conviene regar en la época de la floración; así que, cuando aparecen las yemas florales, se van disminuyendo los riegos, hasta suspenderlos por completo. Se debe dar un último riego cuando los botones están verdes y próximos á soltar lo blanco del capullo, con el objeto de impedir la caída de la flor. Luego que termina la fecundación y empieza á desarrollarse el fruto, para robustecerlo se puede dar el riego.

Modo de hacer el riego

La disposición del riego varía con las condiciones del terreno; cuando éste es plano, como los árboles se siembran generalmente en *tres bolillo* ó en *marco real*, se puede hacer que los canales sigan las líneas de plantación; pero algunos prefieren que el canal de riego pase entre dos líneas de árboles, sin tocar los troncos. (Figuras 1 y 2, lámina 41.)

Otras veces, en lugar de un canal central se surca el te-

rreno como en los naranjales, y el agua corre por las callecillas, riega los árboles por filtración y no hay necesidad de que pase directamente por ellos. (Figura 1, lámina 33.)

En el caso de emplear canal, para aumentar la acción del agua se forma un cajete alrededor de cada árbol; pero debe tenerse presente dos cosas: 1.ª Que las raíces finas son las únicas de que las plantas disponen para absorber los líquidos nutritivos, y como éstas se encuentran en la periferia, lejos del tronco, deberá hacerse el cajete suficientemente amplio para que el agua alcance á la cabellera radical, que por ser simétrica del follaje, ocupará igual superficie; 2.ª Si el agua permanece en el tronco, se favorece el desarrollo de enfermedades criptogámicas. Para evitar estos inconvenientes se protege el tronco del árbol con un bordo, de manera que quede otro cajete dentro del que hemos señalado anteriormente, y que el agua circule en el espacio que los separa, como se ve en las figuras 2 y 3, lámina 41.

El cacao generalmente necesita poco riego, porque su cultivo se hace siempre en climas húmedo-cálidos. El plátano, por el contrario, necesita mucho más agua que los arbustos anteriores, porque puede cultivarse en lugares secos, con tal de que se cuente con agua. Desde que los hijuelos brotan alrededor de la planta comienzan á desarrollarse sus anchas y tiernas hojas, por donde evaporan cantidades de agua muy considerable. En los climas calientes y secos, como el del Estado de Morelos, el plátano necesita tanta agua como la caña de azúcar; esto se comprende con sólo observar su constitución.

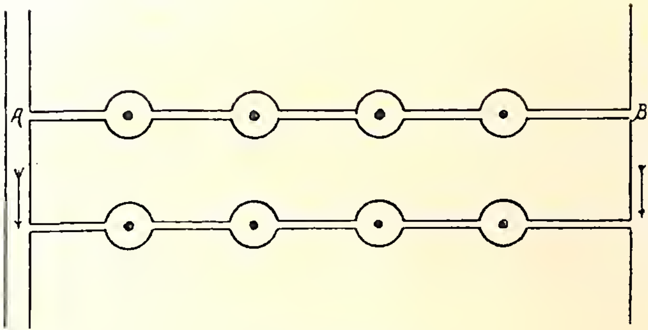
Riego del algodón

El algodón es planta de climas cálidos ó semicálidos, aunque también se cultiva mucho en climas templados; requiere humedad para su desarrollo, y cuando la atmósfera no se la proporciona es indispensable dar un riego abundante.

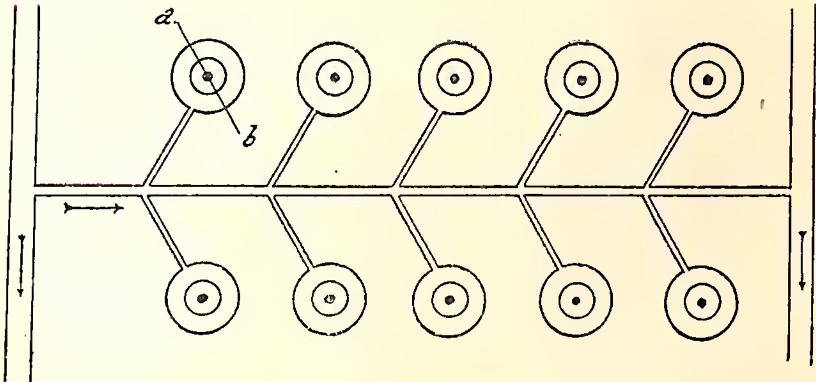
En la región del Nazas el riego se hace con el agua del río, que se almacena en presas; esta agua se reparte en dos épocas: en la primera se inundan los terrenos de Octubre á Noviembre, para asegurar la humedad durante la siembra y primeras labores; en la segunda época se riegan los algo-

Lámina 41

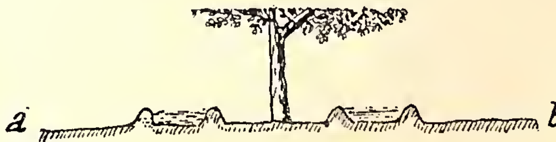
Riego de los cafetales



Método defectuoso



Método bueno



Corte de un cajete

donales durante los meses de Junio y Julio, para completar el desarrollo de la planta y asegurar la cápsula.

Riego en la vid y el lúpulo

Estas plantas sólo pueden prosperar en los lugares donde llueve poco ó nada en la época de la floración y fructificación, pues además de disminuir la fecundidad, el fruto se pudre fácilmente. En consecuencia, los terrenos deben estar provistos de agua para disponer de ella cuando se necesite. En Parras, Coah., se da un riego cada mes y se emplea el sistema de inundación por cuadros, á fin de embeber completamente el terreno, como lo hacen en California. (Lámina 35, figura 2.)

Riego de los árboles frutales

Cuando nuestros agricultores adopten los métodos científicos en el cultivo, así como la buena irrigación, la poda, la limpia, el injerto, la selección, los abonos, etc., etc., nuestros árboles frutales podrán mejorar tanto, que competirán y aun superarán á las mejores frutas extranjeras que compramos á peso de oro, pues para el efecto contamos con un clima de condiciones mucho más favorables. En gran número de huertas se obtienen muy buenas frutas, á pesar de que los árboles no son bien cultivados; generalmente estos árboles se encuentran en completo abandono, y muchas veces se hallan en las mismas condiciones que el tejocote y el capulín, que nacen y crecen á la orilla de los ríos. Las rosáceas como el membrillo, el manzano, el peral y el durazno, aunque necesitan menos agua que las auransáceas y anonáceas, de clima cálido, mejoran y fructifican más con la aplicación metódica del riego.

Estos árboles pueden regarse por el sistema de cuadros ó por medio de surcos. El primer método, que no es otro que el sistema de inundación, se ejecuta dividiendo el terreno en secciones rectangulares por medio de bordos de $0^{m}30$, y que el agua va inundando sucesivamente (lámina 42). El método de surcos se emplea cuando se dispone de poca agua, y es el mismo que se indicará para los árboles del género *Citrus*.

Riego en el naranjo y demás árboles del género Citrus

Las plantas de follaje persistente necesitan mayor cantidad de agua que las de hojas caducas, puesto que la clorovaporización es más activa y no se suspende en el invierno.

El agua se puede distribuir por el sistema de surcos (figuras 1, láminas 32 y 33) ó por el de cajetes, que ha sido ya indicado en el riego del cafeto. También se puede emplear el sistema de cuadros, pero hay que cuidar que el agua nunca toque el tronco del árbol.

Se podrá economizar mucha agua empezando por el cuadro inferior; pero entonces se hace necesario conducir el agua por medio de canales ó tubos que se enchufan unos en otros y que tienen una longitud igual á la del cuadro. Tan luego como se ha llenado el último cuadro, se quita el último tubo para que se llene el penúltimo cuadro; después se hará lo mismo con el antepenúltimo tubo, y se proseguirá quitando tubo por tubo y retrogradando hasta llegar al primer cuadro. Este procedimiento tiene además la ventaja de que una vez lleno un cuadro, el agua no vuelve á pasar cerca de él, lo que es muy importante para las plantas delicadas al exceso de humedad; de otro modo el agua tendría que recorrer un camino mucho más largo, á fin de rodear y no pasar mucho tiempo por el mismo punto. (Figuras 1 y 2, lámina 33.)

Riego en la alfalfa y otros forrajes

Para el riego de la alfalfa es necesario emparejar el terreno antes de la siembra, de manera que aplicando el agua entre las líneas, pueda correr con facilidad y no encharcarse.

El terreno que se va á sembrar de alfalfa necesita estar bastante húmedo, porque la semilla es pequeña y tiene que sembrarse muy superficialmente. Una vez que ha nacido la alfalfa, se deja crecer hasta pasado mes y medio ó dos meses, y es entonces cuando se aplica el primer riego, porque antes de esta época la planta está muy delicada y puede perderse con un ligero exceso de humedad. Cuando la alfalfa está perfectamente desarrollada, es suficiente un riego después de cada corte, para mantener la producción en nuestros climas de la Mesa Central. Pero cuando el terreno está

LÁMINA 42



Riego de árboles frutales de la familia de las rosáceas

seco, conviene darle un riego ocho días antes de cada corte, á fin de que el producto tenga un aumento de peso.

Labores

Para mantener la tierra en buen estado de humedad, las labores pueden ayudar y aun sustituir á los riegos en algunos casos. Dice un proverbio que á falta de agua se debe dar tierra. Esa regla, fundada en principios agronómicos, se traduce en los resultados siguientes: 1.º Diminución de la evaporación; 2.º Elevación del agua del subsuelo; 3.º Aumento del poder absorbente.

1. Cuando faltan las lluvias y se quiere conservar la humedad, será muy bueno dar primero una labor con el arado y después dos, tres ó más de rastra, hasta que los terrenos se desmenucen por completo. Al remover con el arado la capa superficial del terreno, se rompen los vasos capilares, al mismo tiempo que la costra dura formada en la superficie, como se ve en la figura 1, lámina 43, quedando interrumpida la comunicación con el exterior; de esto resulta que, si bien la capa superior se seca más por el aumento de la superficie de evaporación, en cambio la capa inferior, que no ha sido removida, queda al abrigo de la evaporación.

2. Cuando tratemos de aumentar la humedad existente en el suelo arable, con el objeto de sembrar ó con cualquier otro fin, daremos las labores que indicamos anteriormente, y además se apretará perfectamente la tierra con el rodillo. (Figura 2, lámina 43.)

3. Para aumentar el poder absorbente, se removerá bien la tierra antes de la lluvia, para que retenga el máximo de agua.

Se comprende que labrando perfectamente una tierra, quedará como una esponja, y entonces no sólo absorberá el agua que le caiga directamente de las nubes, sino que podrá retener la que baje de los puntos superiores no labrados.

Pero para dar á una tierra el mayor poder absorbente de que es susceptible, no bastará labrar la superficie como acabamos de indicar; es preciso antes de dichas labores, remover el terreno á una profundidad de $0^{m}50$, llamada *labor de desfondo*. En este caso habrá un cubo de tierra mucho mayor, en el cual podrán penetrar más el agua y las raíces,

y como la evaporación del agua está en razón inversa de la profundidad del suelo, las plantas dispondrán de una reserva de agua que se puede conservar aplicando las labores indicadas en el número 2.

Por supuesto que estas labores exigen maquinaria especial, según su clase y el estado del terreno; por ejemplo, si el campo está desocupado, podremos ejecutar cualquiera labor de las descritas, mientras que si contiene plantas sembradas en línea, habremos de recurrir á los cultivadores y á las labores de mano.

El arado del país no da buen resultado en estos trabajos, porque como se necesita remover bien la tierra y el mencionado instrumento sólo obra comprimiendo la tierra á la manera de una cuña, el trabajo queda imperfecto, aun contando con la famosa "orejera," que no siendo sino el rudimento de la vertedera, sólo podrá dar resultados en casos excepcionales.

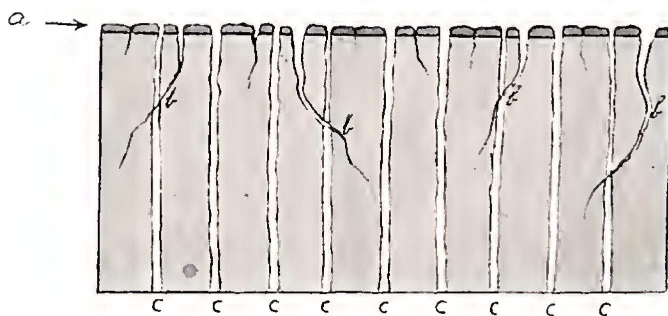
Otro modo de aumentar la humedad

Las plantas enterradas en verde pueden proporcionar bastante humedad á los terrenos, sobre todo durante la germinación de las semillas y el completo desarrollo de la plantita, mientras que sus raíces pueden alcanzar la humedad del subsuelo.

El nopal y otras muchas plantas carnosas y jugosas pueden prestar grandes servicios para este objeto, pero sobre todo las plantas leguminosas, porque son muy precoces y enriquecen el terreno en ázoe.

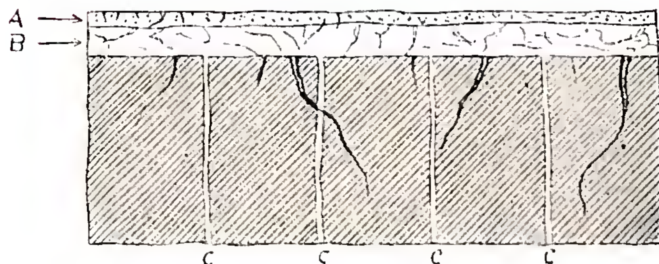
LÁMINA 43

GRIETAS Y VASOS CAPILARES POR DONDE ESCAPA LA HUMEDAD EN LOS TERRENOS INCULTOS



a.—Costra que impide la penetración del agua de lluvia.
b.—Grietas que favorecen la evaporación superficial.
c.—Vasos capilares por donde sube el agua del subsuelo.

TERRENO BENEFICIADO PARA CONSERVAR LA HUMEDAD



A.—Labor de rastra y rodillo.
B.—Labor de arado.
c.—Vasos capilares interrumpidos.
b.—Grietas tapadas.

CAPITULO III

Perjuicios del agua

Hemos dicho que el agua es indispensable para la vegetación; sin embargo, hay casos en que puede perjudicarla tanto, que ocasiona su completa destrucción.

Estos perjuicios pueden presentarse de dos maneras: las ocasionadas por su fuerza cuando se precipita sobre los campos en forma de torrentes devastadores, ó bien por exceso de ella y permanencia continua en los terrenos.

PRIMER CASO.—Con mucha frecuencia tenemos noticia de los desastrosos efectos causados por las crecientes de los ríos, que ocasionan la pérdida completa de las sementeras, y aun en algunos casos la destrucción de pueblos y ciudades; y bien, en el campo este perjuicio no sólo se reduce á la pérdida de la cosecha, con lo que sobraría para preocuparse, sino que esa fuerza destructora, además de llevarse la mejor tierra de los terrenos inclinados, deposita sobre los campos inferiores capas de tierra estéril, arena, piedras, etcétera, arrancados y bajados de las cimas de las cordilleras, hechos que traen por resultado, cuando se repiten con frecuencia, la esterilidad completa de los valles inferiores.

La naturaleza, que es siempre sabia y previsora, dispone de los bosques para regularizar las pequeñas corrientes en su origen, y de los lagos para neutralizar los efectos provocados por las avenidas de los grandes ríos. El agricultor debería siempre imitar y ayudar á la naturaleza en su tarea armonizadora, y si bien no es posible formar violentamente un bosque cuando urge regularizar una corriente, es menos difícil conseguir tal fin, si se recurre á la formación

de lagunas artificiales, presas, malecones y demás construcciones que se hacen para almacenar el agua y evitar su descenso brusco.

Un lago artificial debe reunir las condiciones siguientes:

1.ª La mayor extensión posible, para que pueda almacenar mayor cantidad de agua que la excedente del río en sus grandes avenidas.

2.ª Que la abertura de la salida no permita vaciar más de lo que pueda contener la caja del río.

3.ª Que esta salida sea de piedra y tenga una compuerta fuerte, para que pueda resistir á la fuerza de la corriente.

Es indiferente la clase de tierra, aunque algunos prefieren la más permeable, en caso de que no se quisiera utilizar el agua y no se comprometiera la resistencia del muro, porque entonces la filtración ayudaría mucho.

Los antiguos ya conocían este excelente medio de regularizar las corrientes de los ríos torrenciales; en Egipto, la gran laguna artificial del Nilo recoge las aguas del río para devolverlas después poco á poco y salvar así los terrenos del Bajo Egipto.

Además de la repoblación forestal y de los trabajos de protección que indicamos, se recurre algunas veces á la rectificación de los ríos, es decir, al ensanche ó al desvío de sus cauces, según el caso.

Los puentes y terraplenes para acueductos, caminos, etcétera, deben estar construídos de tal manera, que la corriente del río nunca pueda detenerse ni acumularse el líquido en las crecientes máximas; para lo cual los primeros deben tener la suficiente altura, y los segundos alcantarillas *amplias*, para que nunca se obstruyan, y calculadas con previsión, para que puedan vaciar el agua de las mayores corrientes; porque puede suceder que algunos ingenieros acostumbrados á construir en comarcas planas, olviden esta condición importantísima en los países montañosos, y que por omisión ocurran grandes desgracias, como ha pasado en diferentes lugares de la República, según lo prueban los grandes descarrilamientos, como el de Temamatla; los ocurridos en Michoacán y en otras partes, á causa de falta ú obstrucción de alcantarillas, que ocasionaron el deslave y derrumbe de terraplenes.

Segundo caso.—*Perjuicios ocasionados por exceso de agua.* —El exceso del agua no es menos perjudicial que la acción salvaje de su fuerza. Las tierras muy húmedas ó cubiertas por completo de ella, son impropias para la mayoría de las plantas, porque producen la asfixia y putrefacción de sus tejidos; por ese motivo, siempre que se quiera sembrar un terreno pantanoso es preciso ejecutar trabajos que aseguren á la planta buenas condiciones de humedad.

Recordaremos que cuando la humedad permanente del suelo pasa del 25 por ciento del peso de la tierra, es perjudicial á la mayoría de las plantas cultivables.

La causa de que la humedad sobrepase ese límite, puede provenir, ya como resultado de un tiempo de lluvias ó de riegos demasiado prolongados, por una inundación pasajera, etc., ó bien por inundación ó exceso permanente de agua.

El primer caso ocurre frecuentemente en los cultivos, y se corrige fácilmente, evitando en primer lugar la entrada del agua y después removiendo la tierra con el arado, á fin de que, aumentando la superficie de evaporación, se oree rápidamente y no perjudique á la planta.

En el segundo caso hay que hacer dos divisiones: la primera será cuando el terreno no se pueda aprovechar por encontrarse completamente sumergido dentro del agua, como ocurre en una laguna; la segunda cuando sólo se encuentra continuamente impregnado de ella, debido á la impermeabilidad del subsuelo.

La acumulación de esas aguas tiene por origen alguna de las cinco causas siguientes:

1.ª La afluencia de las aguas de lluvia ó de algún manantial, que escurren de los terrenos más elevados.

2.ª Los manantiales que brotan en el mismo pantano.

3.ª Los remansos que forman los ríos.

4.ª La invasión de las aguas del mar, de un lago ó de un río que cambia de curso.

5.ª La impermeabilidad de las capas inferiores del suelo, que impidan la filtración de las aguas de lluvia, de riegos, etc., en las comarcas excesivamente lluviosas y que no dispongan de ningún desagüe.

De todo lo anterior deducimos que en el segundo caso se puede recurrir á dos sistemas diferentes de desagüe: la de-

secación ó el saneamiento. La acepción en que está tomada esta última palabra la dimos á conocer en líneas anteriores.

Para poder elegir el procedimiento que conviene, es preciso tener verificado un estudio completo del terreno y del clima.

En general, cualquiera que sea el procedimiento, se necesita contar con los datos siguientes:

1.° Deslinde, nivelación y sondaje detallados de la laguna, de modo que claramente se vea el terreno en toda su extensión, á fin de calcular la capacidad del vaso ó de los vasos que la formen, y poder además desarrollar y comprobar la idea del proyecto.

2.° Caída pluvial, evaporación y demás datos meteorológicos de la comarca.

3.° La cantidad de agua que debe correr por los canales en tiempo normal, así como la máxima y mínima en tiempo de lluvias. Este dato nos servirá para calcular las secciones.

4.° Estudio detallado del terreno, especialmente en lo que se refiere á la permeabilidad y profundidad.

Estos datos son los principales para calcular la sección de los canales, la profundidad de los pozos, la potencia de las máquinas ó la posibilidad del entarquinamiento, según el caso.

En general, los trabajos de desagüe son de dos clases: 1.° Cuando se tiene por objeto aislar ó impedir la entrada de las aguas que nacen ó llegan allí; 2.° Cuando se necesita ejecutar trabajos que tienen por objeto quitar el agua acumulada.

Desecación

Desecación por evacuación

Este método comprende: un canal llamado *de cintura*, que recoge las aguas provenientes de las lluvias, manantiales ó arroyos; un canal general ó de emisión, que, como su nombre lo indica, sirve para conducir toda el agua fuera del vaso; un sistema de canales que recogen el agua del perímetro

y la vierten sobre el emisario. Algunas veces conviene construir vasos reguladores que puedan almacenar el agua en caso de accidentes en el emisario.

No siempre son indispensables todas estas obras; algunas veces no se necesita el canal de cintura, otras veces este último sustituye á la red de canales y otras ocasiones no se necesitan los depósitos reguladores, pues en cada caso el procedimiento variará, según las circunstancias del lugar y la habilidad del ingeniero.

En cualquier caso es indispensable una cuenca inferior que pueda recibir el agua del emisario. Si dicha cuenca está separada por grandes montañas, será preciso perforar y evacuar por medio de un túnel; pero si los obstáculos son de menor importancia, bastará hacer uno ó más canales de emisión en los puntos escogidos por su nivel bajo ó por la economía del trabajo.

Canales de emisión.—Estos canales, que son la base ó punto principal de todo el sistema, deben ocupar el thalweg del vaso, ó de tal suerte deben estar colocados, que bajo su nivel no se encuentre ningún terreno inundado (salvo algunas excepciones en que, habiendo una parte demasiado baja, sea preciso recurrir á otros medios para agotarla).

El cálculo de la profundidad del canal, así como los que se hagan con respecto á su sección y pendiente, constituyen la parte más delicada del proyecto; en efecto: como el fin que nos proponemos es aprovechar los terrenos para el cultivo, toda idea deberá estar dirigida á que, después de terminadas las obras, las tierras puedan conservar la cantidad precisa de humedad, que se ha calculado, atendiendo á la planta que va á cultivarse y á las circunstancias en que se encontrarán más tarde; es decir, se calculará la cantidad y profundidad del agua que debe correr por los canales. Para esto es preciso hacer un estudio detallado del terreno desde los puntos de vista topográfico, de su composición y de su régimen hidráulico.

Ante todo será preciso conocer la cantidad de agua de lluvia que cae tanto en tiempo normal como en las mayores tempestades y la extensión en que se reparte la de los manantiales, etc., etc., para que en vista del clima, los accidentes y composición del terreno, podamos calcular aproximadamente la cantidad de agua que retiene la tierra, la que

se filtra, la que se evapora, y finalmente la que debe correr. Para calcular esta agua tenemos la fórmula

$$C = \frac{h \times s \times v - e - f}{t}$$

esto es, la cantidad de agua C es igual á h, que representa la altura de la capa de agua de lluvia, multiplicada por la superficie s, lo cual nos dará el volumen del agua caída en la comarca; esto se multiplica por la velocidad v, que depende de la pendiente; después se resta la evaporación, que representamos por e, y la filtración, que es f. El resultado lo dividimos entre el tiempo t que el agua tarda en escurrir. A esta cantidad habrá que agregar el gasto de las aguas de todos los manantiales, arroyos, ríos ó presas, ya sea que existan allí ó que provengan de otros lugares.

M. A. Durand Claye propone la fórmula siguiente:

Llamando $\frac{1}{n}$ la proporción de agua de lluvia absorbida ó filtrada; a la superficie, h la altura de la capa de lluvia, t el tiempo que tarda en escurrir. La cantidad de agua que escurre estará representada por la fórmula

$$Q = \frac{(n-1)}{n\,t}\,a\,h$$

Conocida la cantidad de agua, la sección se calculará como en el caso de un canal para riego; teniendo en cuenta que el nivel del agua en tiempo normal debe oscilar entre 16 y 60 milímetros por debajo de la superficie del terreno, á fin de evitar una desecación excesiva. El declive también se determina del mismo modo, no olvidando que hay que tener en cuenta la naturaleza del suelo que se atraviesa, la longitud del trayecto y la diferencia de nivel entre los dos extremos.

Este método de desecación es el más practicado por las facilidades que presenta, pero tiene el inconveniente de que no sólo ocupa una gran superficie de tierra que se pierde para el cultivo, sino que impide la facilidad del tráfico, á pesar de los puentes que se construyen, desmoronándose además las paredes de los canales con frecuencia, por lo cual se requieren cuidados continuos para que no se azolve ni se obstruya.

Como ejemplos de esta clase de desecación, citaré: en Europa, la grandiosa obra de este género, en el lago Fucino, en Italia, cuyas agnas ocupaban 15,000 hectaras. La desecación de este lago fué empezada por los romanos, quienes construyeron un túnel á través del monte Silviano, con el único objeto de regularizar el nivel del agua en el lago y proteger así de las inundaciones á los campos y poblaciones adyacentes. Más tarde el príncipe de Tolonia formó una compañía que desecó completamente dicho lago, con el fin de aprovechar las tierras para el cultivo. Los trabajos de esta obra se dividieron en dos partes: las del canal de emisión propiamente dicho y los de la superficie lacustre. El canal de emisión tiene actualmente seis mil trescientos un metros cuarenta y ocho centímetros de largo; su sección ovalada mide cinco metros setenta y seis centímetros por cuatro meses: las pendientes son de un milímetro para la primera sección y dos milímetros para la segunda; y es capaz de evacuar cincuenta metros cúbicos por segundo.

Los trabajos en el lago consistieron en construir un colector central, una red de canales de desagüe y un vaso regulador. Los colectores secundarios que recogen y conducen al colector central las aguas de los manantiales y torrentes vecinos. La desecación de este lago no sólo produjo la seguridad y salubridad completas, sino también una gran riqueza agrícola jamás vista en aquella comarca.

En nuestro país tenemos la desecación del lago de Chalco, Estado de México. Esta desecación se hizo por partes, en forma de sectores separados por canales que vierten el agua en el colector, que á su vez lleva el líquido hasta el Gran Canal del Desagüe.

Otro ejemplo notable de esta clase de trabajos en nuestro país, lo tenemos en el Estado de Michoacán. La ciénega de Zacapú, habitada tan sólo por animales acuáticos y mal explotada por pequeñas poblaciones de indígenas tarascos, ha llegado á convertirse en un gran centro agrícola productor de maíz y trigo, gracias á una gran obra de desecación llevada á cabo á costa de muchos disgustos y sacrificios, pero coronada al fin por el éxito más completo.

Estando formada dicha ciénega, en la parte más baja de un gran valle cerrado, donde la precipitación pluvial es muy abundante, fué desecada por un sistema de canales abiertos

errata

errata

que recogen las aguas de los manantiales y arroyos, para verterlas en un canal emisario, que á su vez las conduce por entre los cerros, hasta el río Angulo, afluente del río Lerma. Esta desecación, tan semejante á la del lago Fucino, de Italia (Lámina 57), tiene, como ella, gran importancia desde el doble punto de vista de la Ingeniería y de la Agricultura, tanto por su magnitud como por las circunstancias que hubieron de tomarse en cuenta para calcular económicamente la sección, situación, dirección, profundidad y pendiente de los canales; estudio que hemos esbozado ligeramente en las páginas anteriores, y que es indispensable hacer cuando se quiere asegurar al terreno desecado la humedad que deba conservar para satisfacer las necesidades de la planta que se va á cultivar.

En el presente caso había que resolver dos problemas principales:

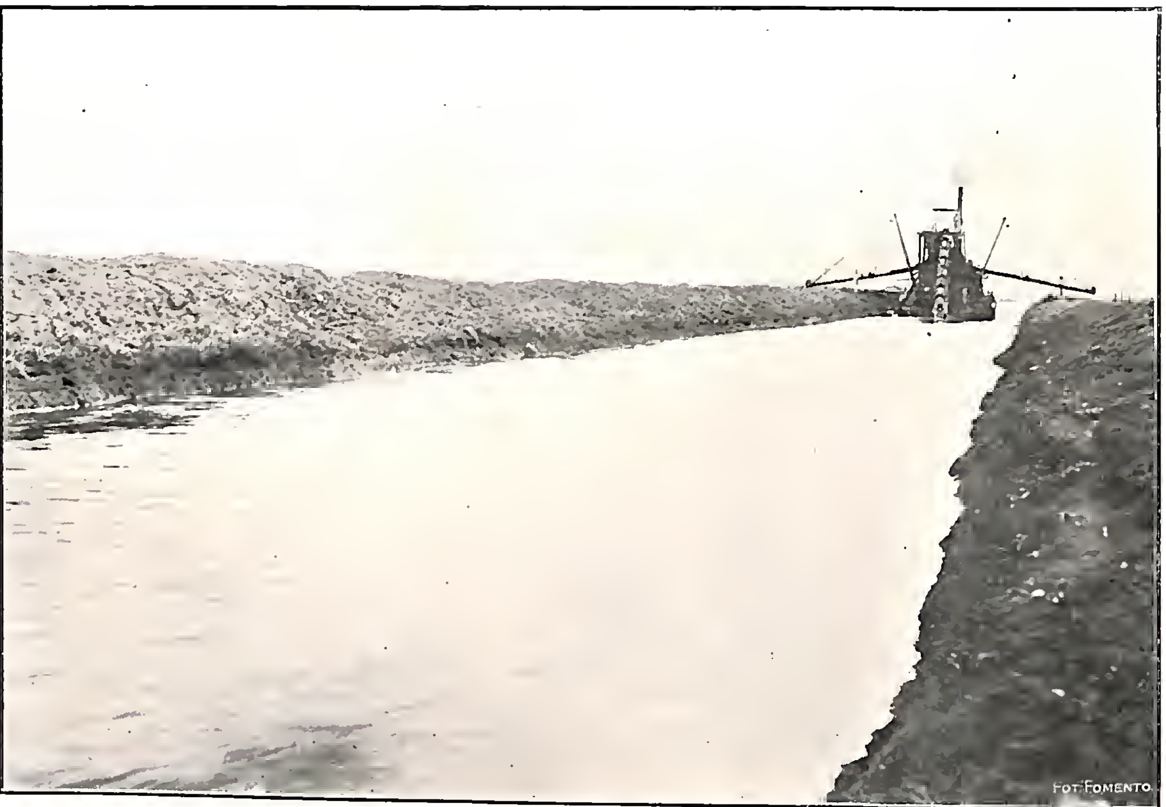
1.º La desecación de la ciénega.
2.º El aprovechamiento de las tierras para el cultivo.

La primera parte quedaba resuelta por el cálculo de las secciones y repartición de cinco canales secundarios, para lo cual se tomaron los datos de meteorolgía, geología, etcétera, en cada sección, con el objeto de mantener el gasto y la velocidad del agua, de tal manera que pudieran funcionar fácilmente sin arrastrar la tierra del pantano. El canal emisario que recibe toda el agua de la cuenca, se hizo pasar entre cerros basálticos, para lo cual se profundizó el cauce del río Angulo, que durante siglos corría perezoso entre esas rocas, sin poder abrirse paso y ocasionando con ello la acumulación de las aguas y la formación de ese pantano de 12,000 hectáreas de superficie, con una capa de turba de 2 á 6 metros de espesor. Con la perforación del cerro y el funcionamiento de los canales, quedaba plenamente asegurada la evacuación de toda el agua existente y la que pudiera venir de todo el valle en los años más lluviosos.

Para resolver el segundo problema debía tenerse en cuenta que la tierra necesita humedad para favorecer el desarrollo de las plantas, pero que si el agua se encuentra en exceso, impedirá la circulación del aire en la tierra, que no pudiendo verificar la nitrificación y demás oxidaciones necesarias para producir la movilización y disolución de

LÁMINA 44

DESECACION DE LA CIÉNEGA DE ZACAPU



Draga americana trabajando en el canal emisario

LÁMINA 45

DESECACION DE LA CIENEGA DE ZACAPU



Canal General.—Kilómetro 40 en roca a la salida

Lámina 46



Lámina 47



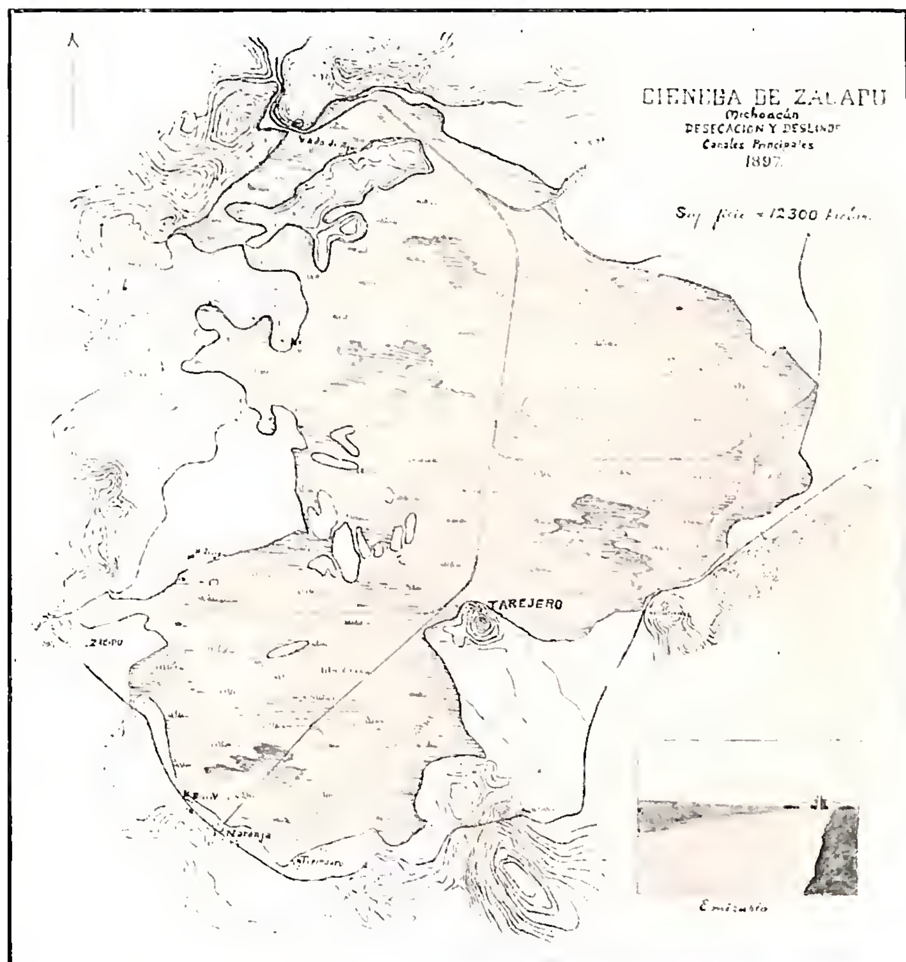
Lámina 48



Lámina 49

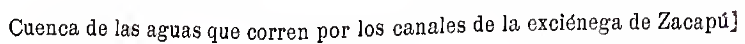


Lámina 50

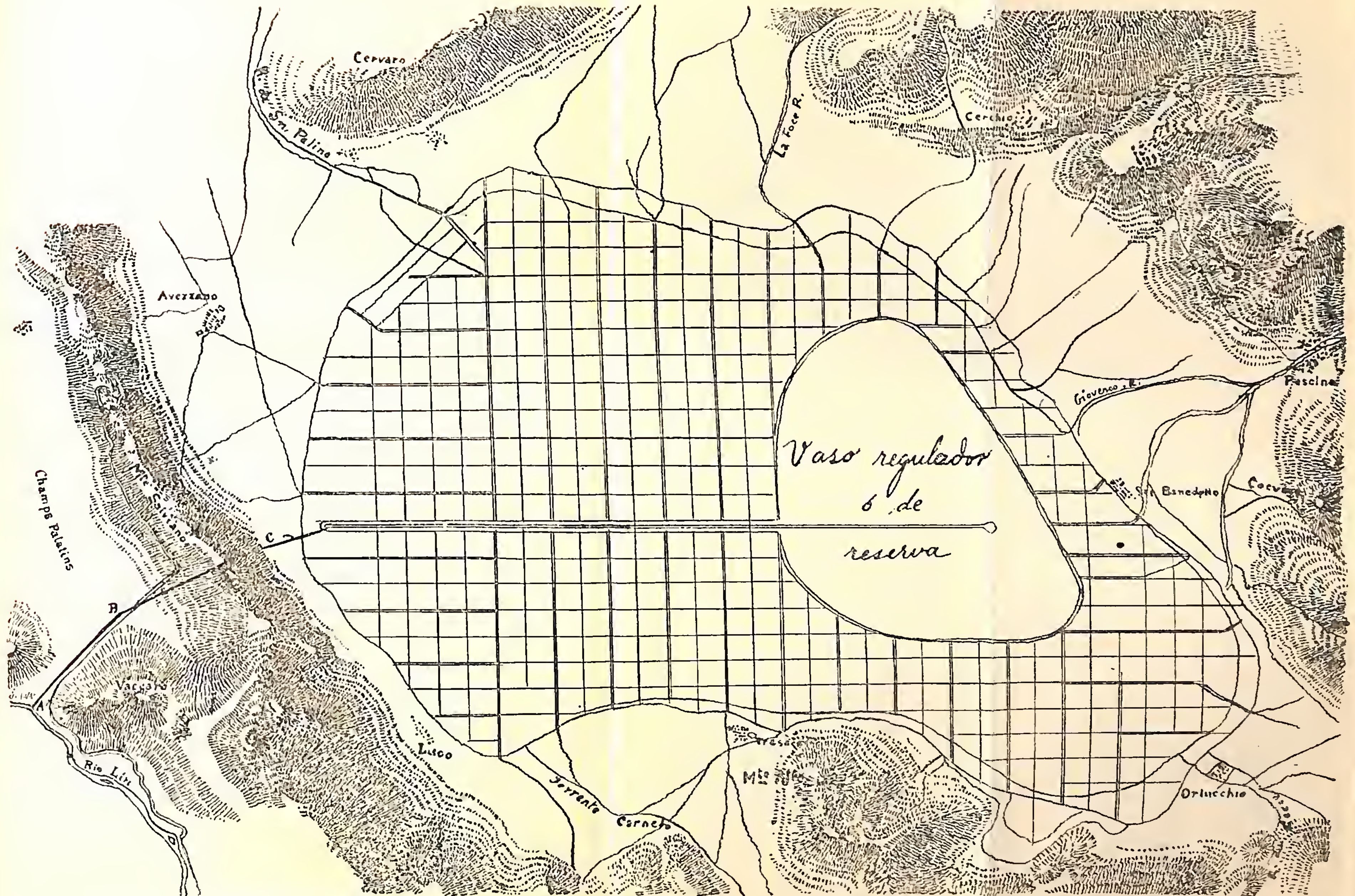


CIENEGA DE ZACAPU
Michoacán
DESECACION Y DESLINDE
Canales Principales
1897
12300
TAREJERO
Naranja
Emisario

Plano del lago de Patzcuaro y Cienega de Zacapu



Cuenca de las aguas que corren por los canales de la exciénega de Zacapú]



Desecación del lago Fucino (Italia)

sus elementos, sería impropia para el cultivo, además de que las plantas cultivables se pudrirían por el exceso de agua.

Teniendo en cuenta esas circunstancias, y tomando como base el que en las tierras turbosas la capilaridad se verifica bien hasta un metro de profundidad, más allá de la cual el agua tiende á escurrir hacia los canales, obedeciendo á la gravedad, y por consiguiente secaría demasiado el terreno, se tomó como base del drenaje, que en cualquier punto del terreno estuviera el agua á más de un metro de profundidad, y se trazó una serie de zanjas de dos metros de ancho por dos metros de profundidad, las que desaguan en los canales. El terreno estaba ligeramente inclinado de Sur á Norte: la pendiente media era de 10 centímetros por kilómetro. El canal emisario se construyó aproximadamente en el thalweg del valle, en el centro de la ciénega, dándole una pendiente de 20 centímetros por kilómetro. El trabajo se inició profundizando el cauce del río Angulo de $4^{m}50$ en una extensión de 1,200 metros. La sección de este corte del río, en la terminación del emisario, se calculó para una cantidad máxima de 40 metros cúbicos, según correspondió al máximum de la cuenca hidrográfica. El canal emisario tiene longitud de 14 kilómetros y la sección un ancho de doce metros, con una profundidad de $4\frac{1}{2}$. Los canales secundarios tienen una dimensión de diez metros de ancho y su profundidad va disminuyendo hacia las orillas. La extensión total de los canales suma 40 kilómetros. (Véanse las láminas 44 á 50.)

Ya hemos señalado los inconvenientes del método de desecación por canales abiertos; para evitarlos se puede recurrir á la construcción de canales cerrados, es decir, de conductores subterráneos; pero nos ocuparemos de ellos al tratar del saneamiento de las tierras.

Cuando el pantano se encuentre situado tan bajo que no exista ninguna cuenca inferior donde poder verter el agua, será preciso recurrir á otro procedimiento. Tal vez podrá convenir el sistema de desecación por absorción; y para convencernos de esto, en primer lugar practicaremos un reconocimiento minucioso; haremos varios sondeos, á fin de conocer la constitución geológica del terreno, lo que nos demostraría si las capas inferiores contienen arena ú otras substancias permeables, en tal espesor, que pudieran ab-

sorber sin límite toda el agua del pantano y la que continuara escurriendo después.

Estando seguros de la existencia de la capa permeable, se abrirán pozos en forma de conos invertidos, de dos á seis metros de diámetro y con una profundidad suficiente para alcanzar la capa mencionada. Si la profundidad es muy grande, se practicará uno ó más agujeros por medio de una sonda, que, penetrando hasta la zona permeable, dé paso al agua por medio de unos tubos. Para impedir el azolve de estos pozos, se tapa la parte inferior, como lo indica la Lámina 51; después se llena el pozo con piedras y ramas y con basuras ó tierra vegetal, para impedir el paso de la tierra fina.

Finalmente no quedará más que conducir allí el agua por medio de zanjas abiertas ó por conductos subterráneos, si se trata de un drenaje.

Cuando tratemos el asunto referente al saneamiento de las tierras, volveremos á ocuparnos de este procedimiento.

Desecamiento por elevación de las aguas

Si no es posible dar salida á las aguas por medio de los procedimientos anteriores, se recurre á las máquinas elevadoras. Este procedimiento consiste en concentrar las aguas en el punto más bajo del pantano, valiéndose de una red de zanjas; allí se colocarán las máquinas, que elevarán el agua á un punto desde donde pueda escurrir después hacia afuera por medio de un canal.

Para conseguir este objeto se pueden aplicar varias clases de máquinas y motores. Para los motores se emplea la fuerza animal, cuando se trata de operaciones en pequeña escala. La utilización del viento puede presentar ventajas en algunas localidades; pero para una gran desecación en cualquier parte, el vapor ó la electricidad aplicados á las bombas serán los preferidos.

Con objeto de determinar la potencia que necesitamos, y en consecuencia poder elegir el motor que es del caso, empezaremos por calcular el volumen de agua que es preciso evacuar en un tiempo determinado, procediendo tal como se indicó en el sistema de evacuación. Determinaremos el trabajo mecánico necesario, multiplicando el peso de ese volumen de agua por la altura á que hay que elevarla, y el

Lámina 52

Formacion de las chinampas de Xochimilco

Siembra de maíz en una chinampa

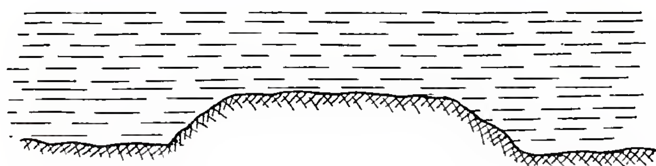


Fig. 1.– Cimiento

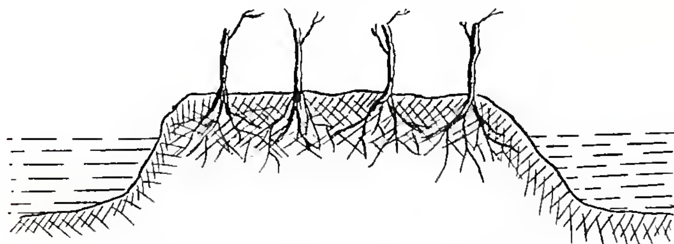


Fig. 2.—Chinampa lista para el cultivo

(Tomado de un informe del señor Agrónomo Miguel Santa María)

Lámina 52 (bis)

Formacion de las chinampas de Xochimilco



Extrayendo el lirio acuático

(Tomado del informe del señor Agrónomo Miguel Santa María)

LÁMINA 52 (bis)

FORMACION DE LAS CHINAMPAS DE XOCHIMILCO



Extendiendo la capa de lodo

(Tomado del informe del señor Agrónomo Miguel Santa María)

producto lo dividiremos entre 75 kilográmetros que tiene el caballo de vapor. Este resultado, más el tanto por ciento que consumirá la máquina en vencer frotamientos y resistencias pasivas, será el número teórico de caballos de vapor que necesita desarrollar el motor.

Desecamiento por elevación del terreno

Existen varios procedimientos para elevar el suelo de un pantano; uno de ellos consiste en hacer zanjas profundas dispuestas con método, y arrojar la tierra que de ellas se saque en el espacio que las separa. Este procedimiento tiene la desventaja de que las zanjas necesitan ser anchas y numerosas, ocupando mucho espacio que se pierde para el cultivo. (Las famosas *chinampas* de Xochimilco fueron formadas por este medio, lám. 52.)

Otro procedimiento consiste en acarrear la tierra seca de otros lugares y depositarla encima del terreno, junto con basura y ramas, tal como lo hicieron los aztecas en la formación de la gran Tenochtitlán.

Entarquinamiento ó colmatage de los franceses

Existen casos en que las circunstancias del terreno permiten aplicar este método, que es mucho más económico que los anteriores, principalmente tratándose de grandes extensiones.

Esta operación está basada en la imitación del ejemplo que nos presenta la naturaleza en la formación de los terrenos de aluvión, y por lo tanto consiste en inundar el campo por medio de una corriente de agua turbia que deposite las substancias que arrastra continuamente.

Para esto se necesita: 1.° Agua suficiente y terrenos superiores que suministren los materiales que necesitamos para la sedimentación; 2.° Disponer la parte baja, de la manera más favorable al objeto que nos proponemos.

Se comienza por hacer un estudio del agua y de los elementos que constituyen la parte alta. Este reconocimiento debe hacerse desde el punto de vista químico y desde el geológico, porque según el estado, naturaleza y composición de esos elementos, podrán ser útiles ó perjudiciales á nuestro objeto.

Después se estudiará la naturaleza, el orden y el espesor

de las capas que se van á dejar depositar. Se divide el terreno en varias secciones de dimensiones moderadas, por medio de bordos. La disposición de estos depósitos pequeños puede hacerse de manera que la alimentación sea simultánea ó sucesiva. En el primer caso, las aguas llegan por un canal que comunica con todos los depósitos; en el segundo hay varios canales distribuidores, y el agua que llega á un depósito sirve para alimentar dos ó más.

En la parte alta varios hombres provistos de palas cortan tajadas en las paredes del canal, facilitando así que el agua las corroa y arrastre á la parte baja. Como las materias se depositarán por orden de densidad, toda la habilidad deberá estar en graduar la velocidad de la corriente: si queremos depositar primero piedras y materiales gruesos, daremos gran velocidad; pero si queremos formar la capa superior, para que se pueda depositar la arena fina y principalmente el humus y la arcilla, tendremos que dar una corriente muy pequeña.

No hay que confundir el entarquinamiento con el enlame. El primero tiene como objeto principal elevar el nivel de un terreno, lago ó pantano; mientras que el segundo se hace con la idea de abonar, ablandar y humedecer los terrenos que están en barbecho; sin embargo, puede haber casos en que se persigan los dos objetos. Estas dos operaciones, y sobre todo el enlame, están muy generalizados entre nosotros, pudiendo decirse que es el único abono que se da con toda regularidad á las tierras de cultivo.

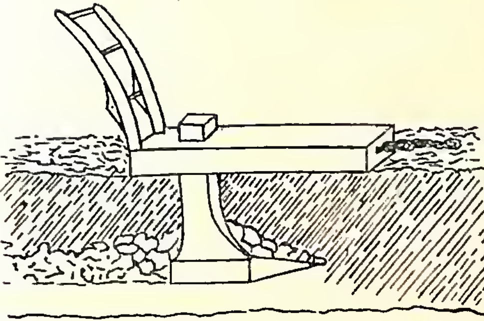
Para terminar diremos que cuando se quiera tener una precipitación rápida y completa de las substancias terrosas, se recurrirá á la cal ó á la magnesia, ya sea añadiéndola á la entrada del agua, ó, si se dispone de un terreno calizo ó magnesífero, se hará pasar el canal por allí, lo que facilitará más la precipitación.

Saneamiento de las tierras

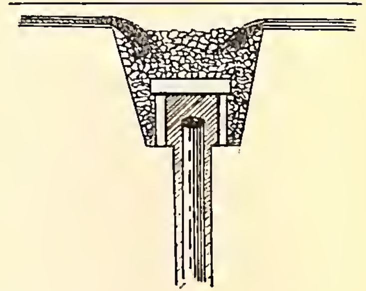
No es preciso que el terreno esté inundado para que pueda haber exceso de humedad, pues, lo repetiremos, siempre que esta humedad pase del 25 por ciento del peso de la tierra, se presentarán las mayores desventajas para su cultivo. En este caso los procedimientos de desagüe constituyen el

Lámina 51

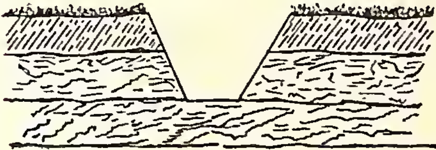
Diversos modos de desecacion sin tubos



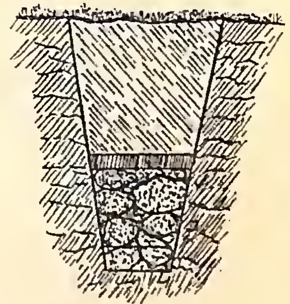
Desecación con arado topo



Desecación por pozos absorventes

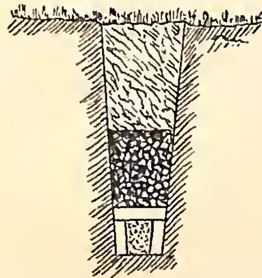


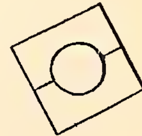
Desecación por zanja abierta

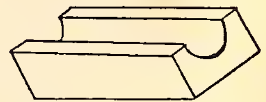


Desecación por zanjas cubiertas









Desecación por conductos de ladrillo ó piedra plana

saneamiento de las tierras, que se diferencía de la desecación únicamente en que el desagüe se ejecuta por medio de conductos subterráneos, lo cual permite aprovechar todo el terreno para el cultivo.

Al hablar del exceso accidental de la humedad en las tierras, dijimos que haciendo caños con el arado ó con la surcadora, se daba salida al agua encharcada, y con labores más ó menos repetidas se conseguía orearlo rápidamente.

Algunas veces la humedad permanente también puede quitarse por ese procedimiento, pero en este caso hay que hacer surcos profundos con arados de subsuelo, ó mejor aún, con instrumentos á propósito para abrir una especie de conducto. Entre éstos tenemos el arado topo, que es como un arado de subsuelo, muy fuerte, y cuya parte inferior lleva un cilindro horizontal de fierro terminado por un cono agudo, que hace veces de reja. El movimiento se transmite al timón por medio de una cadena que se arrolla en un cabrestante movido por un malacate ú otro motor.

Este procedimiento es el más sencillo; pero como sólo dará algún resultado en terreno arcilloso, necesita la aplicación de una fuerza considerable.

Drenaje

Drenaje es una palabra que se puede aplicar á la mayor parte de los métodos de desagüe; así, se dice: *drenaje por zanjas descubiertas, drenaje vertical, drenaje amoldado, drenaje de tubos,* etc.; es decir, aceptándolo según la significación del verbo inglés *to drain,* que quiere decir *descear ó escurrimiento de las aguas estancadas.* Sin embargo, entre nosotros, como en muchos países, se limita la extensión que los ingleses dan á esta palabra y se la aplica más convenientemente para designar el saneamiento por medio de conductos subterráneos.

Efectos del drenaje

En el estudio del suelo dijimos que en una tierra húmeda el agua forma solamente una envoltura en cada grano de tierra, mientras que en una tierra mojada el agua ocupará hasta los intersticios y canales capilares. Si en este último

caso se aplica el drenaje, el agua que está en contacto con los drenes escurrirá, dejando un vacío; entonces toda el agua de los vasos capilares, huecos y grietas, solicitada por la acción de la gravedad, se precipitará hacia los drenes; el aire tendrá entrada libre por todos los espacios vacíos y circulará por ellos, favoreciendo evidentemente la oxidación de muchas substancias y, en consecuencia, la vida de multitud de seres, la ejecución de las labores, etc., etc., con lo que se aumentará notablemente la fertilidad.

Además, como por este medio no se desprende la humedad que envuelve cada grano, sino únicamente la que llena los intersticios, se deduce que el drenaje ejecutado con la separación y profundidad convenientes, jamás secará un terreno.

El drenaje puede hacerse con multitud de materiales, que se escogerán según el caso. Así, tenemos desde el drenaje amoldado, que se ha llegado á practicar en los terrenos muy arcillosos, y que consiste en una simple perforación, hasta el más perfecto, que es el sistema de tubos porosos. Sin detenernos en cada uno de estos procedimientos, diremos que:

1.º El conductor puede hacerse con pedazos de piedra ó ladrillo, pero no tiene bastante eficacia y se azolva pronto.
2.º Da mejor resultado haciéndolo con lozas ó ladrillos.
3.º En algunos lugares convendrá hacerlo de madera ó de turba, si no se encuentra otro material.

Pero en la mayoría de los casos el sistema de tubos es el que satisface mejor nuestro objeto, tanto desde el punto de vista de la perfección como de la economía.

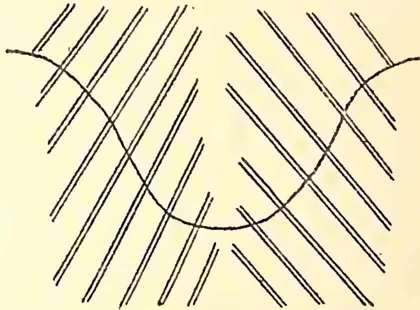
Drenaje por medio de tubos

En general, este procedimiento consiste en hacer vallados, en el fondo de los cuales se colocan tubos de barro á una profundidad, dirección y separación calculados en el plano general con arreglo á las circunstancias del terreno. Cada línea de drenes desagua en un tubo más grueso, llamado *colector,* que, como su nombre lo indica, recoge todas las aguas y las lleva al punto de salida.

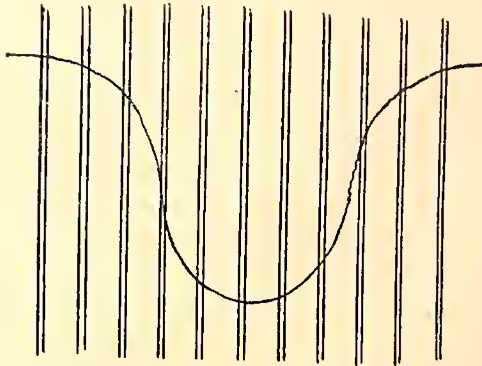
Daremos una idea general de la formación del plano de drenaje y su ejecución.

Lámina 53

Direccion de los drenes siguiendo la pendiente del terrreno



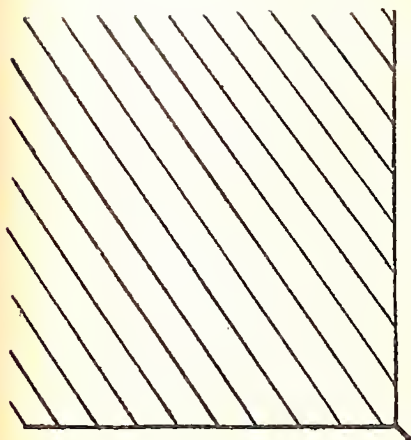
Disposición correcta



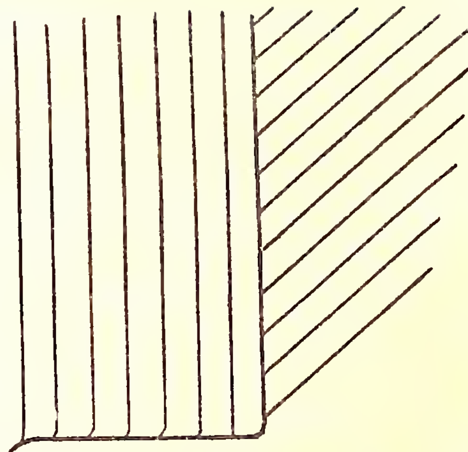
Mala disposición

Lámina 53 (bis)

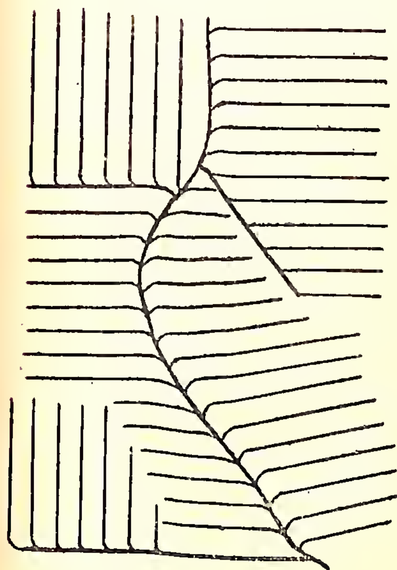
Disposicion de los drenes



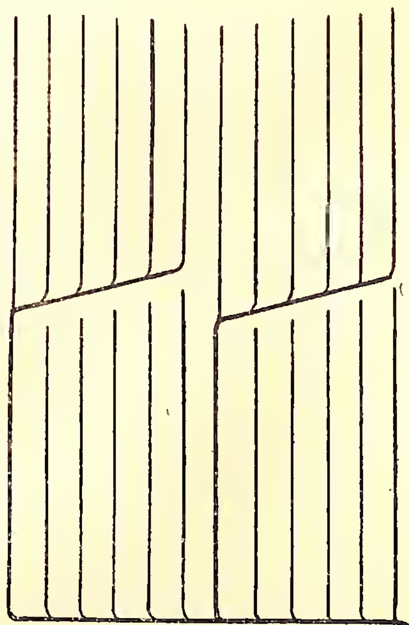
Caso de una sola pendiente



Caso de dos pendientes diferentes



Pendientes múltiples



Cuando la pendiente es de gran longitud
debe subdividirse

Se formará el plano y la nivelación detallados del terreno, designando su composición en cada tramo, de un kilómetro por ejemplo, y en los lugares en que varíe su aspecto.

Conocidos los datos del campo, se procederá á la formación del plano, principiando por fijar:

1.° La dirección de los drenes y colectores.
2.° La profundidad y separación á que se han de colocar.
3.° La pendiente.
4.° El diámetro.
5.° La longitud.

Dirección de los drenes

La línea recta es la dirección más apropiada y económica, pero no siempre.

Los tubos más pequeños se colocarán en las líneas de mayor pendiente, ó por lo menos procurando acercarse á esta dirección, con el objeto de facilitar el escurrimiento y poder dar mayor separación. Láms. 53 y 53 bis.

Los colectores se colocan en los thalwegs, y en aquellos lugares algo planos debe procurarse, en cuanto sea posible, que tengan la mayor pendiente, á fin de que, vaciándose pronto, produzcan una succión en los drenes y ésta traiga consigo una rápida corriente. La unión de los drenes debe hacerse un poco arriba de la línea media del colector y en ángulo agudo, procurando acercarse á los 60°. Cuando sea forzoso colocar los drenes en ángulo recto, se corregirá el defecto desviando el extremo, á fin de que la corriente sea en el mismo sentido que la del colector y no la represe.

Profundidad y separación

La profundidad y la separación de los drenes son dos cantidades que están en relación inversa, y los valores de estas cantidades dependen de ciertas circunstancias, contándose como principales: 1.ª La cantidad de agua que va á evacuarse; 2.ª La pendiente de los drenes; 3.ª La composición del terreno; 4.ª El objeto á que se destinará el terreno desecado, etc. Debe procurarse que la profundidad sea tal, que permita completa libertad en las labores y no lleguen hasta allí las raíces de las plantas, procurando también que

sea la mayor posible, donde la tierra presente mayor resistencia al paso del agua y donde haya mucha capilaridad, porque estas dos fuerzas son las resistencias que tiene que vencer el agua al bajar, y que van aumentando á medida que la distancia es mayor. La línea que queda entre cada dos drenes será la más húmeda, desde la cual descenderán dos planos inclinados. (Lámina 54.)

En general, los tubos nunca deben ponerse á menos de 0^m80 de profundidad; y para el máximo, aunque el límite verdadero lo fijará el costo de la obra y principalmente la humedad que necesitará conservar la tierra en el futuro, para satisfacer las necesidades del cultivo, generalmente se admite una oscilación de 0^m90 á 1^m40.

Para resolver el problema con mayor seguridad, se hacen experiencias en el mismo terreno. Se abre una zanja ó varias, si la composición de las tierras es variable, con una profundidad igual á la que se piensa dar á los drenes. En seguida se hace á derecha é izquierda de esa zanja una serie de agujeros de 50 centímetros de lado y con la misma profundidad que ella. Estas excavaciones se disponen á distancias de 2, 4, 8, 10, etc., metros de la zanja, y con una separación entre ellos por lo menos doble de la anterior, para que no puedan obrar unos sobre otros. Se escogerá el tiempo de lluvias y se repetirán las observaciones, para tener un promedio que dará mayor seguridad. El nivel del agua estará tanto más bajo en los hoyos cuanto más cerca estén éstos de la zanja; y como la acción de los drenes se efectúa para ambos lados, se fijará para la separación de los drenes el doble de la distancia que hay de la zanja al hoyo en que el nivel del agua empiece á quedar constante.

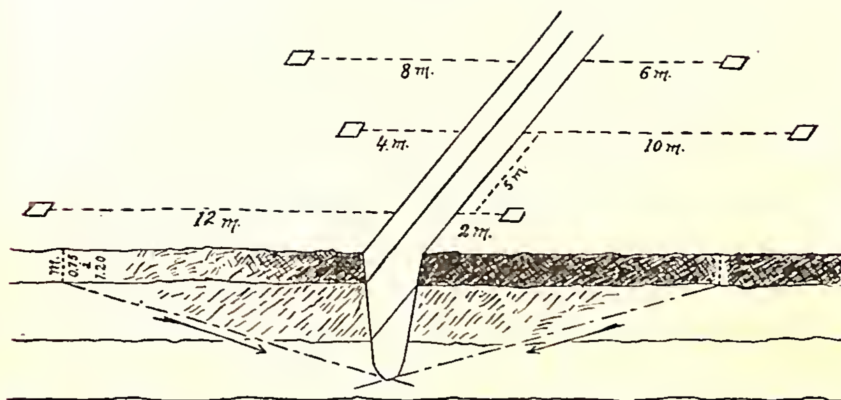
Leclere indica un método teórico, con el cual considera dividido el suelo en tres capas, que son:

1.ª Una capa h perfectamente drenada, de un espesor medio de 0^m35.

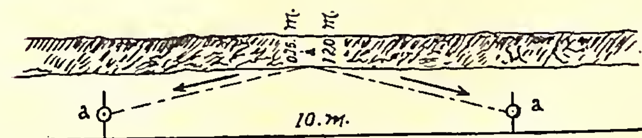
2.ª Una capa h', á la que sube el agua por capilaridad, y que depende de la naturaleza de la tierra.

3.ª Una capa h'' cargada de agua, en la que ésta tiende á escurrir para un lado y otro hacia los drenes, según una pendiente B, llamada *de escurrimiento*. La suma de las alturas de estas tres capas dará la profundidad.

LÁMINA 54



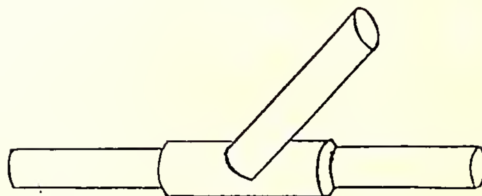
Esquema del experimento para determinar la profundidad y separación de los canales

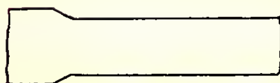


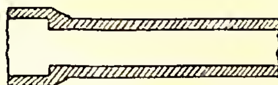
Separación de los drenes

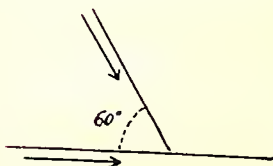
Lámina 55

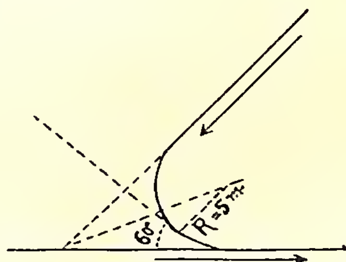
Conexion de los drenes

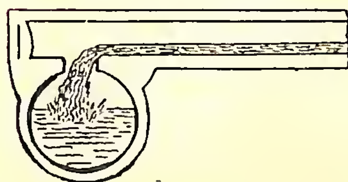




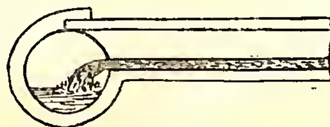








Conexión superior



Conexión lateral

El mismo autor da una tabla que indica la altura de las capas en varias tierras diferentes, y según la separación de los drenes. Ejemplo: Suponiendo una separación de 15 metros para una tierra arcillosa, se tiene:

$$
\begin{aligned}
& \quad\ \ \text{Metros} \\
h &= 0.35 \\
h' &= 0.45 \\
h'' &= 0.56 \\
\text{Suma } P &= 1.36
\end{aligned}
$$

Hay veces que conviene aumentar la profundidad encontrada, porque á poca distancia se encuentre una capa permeable que facilitará notablemente el escurrimiento, ó, como en el caso de los terrenos turbosos, que después de saneados se reducen mucho de volumen.

Por último, para los drenes colocados á una profundidad media (1^m20) la separación varía entre 6 y 20 metros.

Pendiente de los drenes

La pendiente de los drenes depende en primer lugar de los accidentes del terreno, de la profundidad á que se encuentre el punto en que desagüen los colectores, así como de la profundidad de los drenes, y de la longitud.

El agua puede correr cuando se da una pendiente de 0^m001, pero debe adoptarse un promedio de 0^m005. En casos especiales se llega á dar hasta 0^m0005 en terrenos muy planos; pero es peligroso, porque puede comprometer el buen funcionamiento. Cuando la pendiente sea exagerada, se hacen divisiones de menos declive, que se enlazan con tubos á 45°, sostenidos con mampostería.

Repetimos que, siempre que sea posible, debe procurarse que la pendiente vaya aumentando, para que los colectores se vacíen pronto. Cuando no se puede aumentar la pendiente, es forzoso que los tubos tengan mayor sección.

Forma de los tubos

Los tubos miden de 0^m30 á 0^m50 de longitud y de 0^m03 á 0^m30 de diámetro, según el volumen de agua que van á conducir, la pendiente y la longitud de las cañerías. Para

drenajes poco considerables suelen usarse tubos de 0^m30 de largo, con un diámetro de 0^m05 para los drenes y 0^m10 para los colectores.

Los tubos de drenaje no se barnizan, sino al contrario, deben ser perfectamente porosos. También conviene que estén bien hechos, perfectamente cilíndricos, sonoros y con un espesor de 0^m01 por lo menos, para que tengan bastante resistencia.

Longitud de las cañerías

Este factor varía con el grado de humedad del terreno, con el diámetro de los tubos y con la pendiente.

Cuando las cañerías resultan demasiado largas, se dividen en partes por medio de colectores secundarios. Generalmente la longitud no debe pasar de 100 metros; cuando los colectores tienen que ser muy largos, se hacen pozos de observación para vigilar la corriente y reunir todos los colectores en uno solo de mayores dimensiones.

Ejecución de las obras

Se escogerán los peones más inteligentes. Se traza primero el colector principal, después los secundarios, y al último los drenes. Se señala con estacas numeradas, indicando bien las inflexiones.

Trazadas la dirección y ancho de las zanjas, se procede á su ejecución, dándoles el talud suficiente para que la sección tenga forma de V, pero no terminada en punta, sino que la base inferior debe ser un poco mayor que el diámetro del tubo.

Generalmente se da un ancho de 0^m50 en la superficie y á la profundidad calculada se aumentan 0^m10, 0^m15 ó 0^m20, según sea el grueso del tubo.

Se ejecuta el trabajo en tres partes. La primera capa se saca del largo de la hoja de la pala, procurando darle el talud suficiente, para que al sacar las otras capas quede, según dijimos, únicamente el espacio que debe ocupar el tubo, á fin de que no pueda tener ningún movimiento lateral.

Colocación de los tubos

En las zanjas estrechas y profundas se colocan los drenes por medio de un gancho llamado *broche*. Se hace que el tubo coincida con el anterior y se golpea para que asien-

te bien en el fondo, que se supone estar ya bien parejo y limpio. Antiguamente se colocaban tubos de unión entre los tubos, pero ahora se ha comprobado que no es necesario; basta tapar con un ladrillo la extremidad del colector y las puntas de los tubos con paja ó césped, para que no se azolven.

Terminado el entubado se llenan las zanjas con la tierra que se extrajo, apisonando con mucho cuidado.

Observaciones

En la intersección de los colectores se colocan registros para observar la integridad del funcionamiento. Para asegurar la conservación de los tubos no debe permitirse la cercanía de plantas que, como el chopo y el sauz, tienen raíces en forma de "cola de zorra."

La salida de los colectores se protege recibiéndola con pilastras de mampostería.

Conviene dejar unas señales que indiquen los lugares y dirección de los tubos principales.

Precio del agua en los usos industriales y agrícolas

(Nota del Sr. Prof. Ing. D. Rafael Barba)

En los países esencialmente agrícolas é industriales el agua no tiene el mismo precio cuando se utiliza como motor ó se emplea para los riegos. En el primer caso el líquido no sufre pérdida alguna, puesto que una vez que desarrolla su fuerza en las ruedas ó receptores hidráulicos, corre á nivel inferior de su caída, mientras que el agua empleada en los riegos es absorbida por los terrenos y se consume en todo ó en parte en la operación.

El agua necesaria para producir un trabajo mecánico equivalente á un caballo de vapor, se estima en Francia en dos francos y al año en 730 francos por renta, mientras que tratándose de agua para el riego, se pagan á 30 y 40 francos los diez mil metros cúbicos de este líquido; así es que en la industria se paga el agua en vista del trabajo que desarrolla, y en agricultura debe estimarse el precio en razón de su masa.

En México no hay en la actualidad disposiciones económi-

cas que normen el precio del agua en sus distintas aplicaciones agrícolas ó industriales; en cada comarca se han establecido arbitrariamente los precios de venta ó arrendamiento de las llamadas *mercedes de agua*, y no es extraño saber que hay propietarios que exigen dos y hasta ocho pesos de arrendamiento por el agua necesaria para regar una hectárea de tierra, y llegar á un peso cincuenta centavos por el riego de una extensión de mil cincuenta y ocho varas cuadradas de terreno, que es el cubo de un cuartillo de sembradura de maíz.

El metro cúbico es la unidad que se usa actualmente para medir el agua; pero fué muy usado antiguamente, y lo es todavía en algunos lugares, el buey de agua y sus subdivisiones, como unidades principales para poder apreciar el valor de las aguas en los riegos, siendo el llamado *buey* la cantidad de líquido que corre por un caño ó toma de una vara cuadrada de superficie, con una velocidad de 0.270 de vara durante un minuto, contando la velocidad por segundo.

El buey equivale á 0'9540 metros cúbicos y á 159,008 litros por segundo.

Un buey tiene 48 surcos = 159.008008 litros en un segundo.

Un surco tiene 3 naranjas = 3.312669 litros en un segundo.

Una naranja tiene 8 reales = 1.10423 litros en un segundo.

Un real tiene 12 pajas = 0.13803 litros en un segundo.

La paja produce un cuartillo de agua en un minuto, que equivale á 0.69 litros.



APENDICE

Cantidad de tierra que puede regarse con el agua almacenada en una presa

La cantidad de agua empleada para el riego durante todo el período de vegetación de la planta, llamada "Duty of water" ha sido expuesto detalladamente en las páginas 50 á 58, pero á pesar de ello insistimos en la aplicación práctica de las conclusiones á que llegamos.

Puede suceder que un agricultor, después de haber almacenado cierta cantidad de agua para el riego, se pregunte: ¿cuántas hectáreas tengo que regar? y ¿cuántas veces debo dar ese riego para lograr una cosecha?, ó lo que es lo mismo, ¿qué extensión de tierra puedo cultivar con el agua de que dispongo?

Tomando como base la cantidad teórica que de un modo general hemos aceptado para la altiplanicie mexicana, se examinarán desde luego todas las causas que puedan altearla y se harán las modificaciones de acuerdo con las nuevas circunstancias.

Si el terreno se encuentra á 1,500 metros, sobre el nivel del mar (promedio de la altitud de la Mesa Central), como en el "Bajío" por ejemplo; una pequeña presa que almacenara 30,240 metros cúbicos de agua, podría alcanzar para el cultivo de 70 hectáreas de maíz ó 116 hectáreas y media de trigo; porque hemos dicho que se necesitan alrededor de 2 litros de agua por segundo y por hectárea, lo que daría 86,400 litros al día (de doce horas), que multiplicados por cinco (número de riegos dados al maíz generalmente), da 432 metros cúbicos en toda la temporada de riego, ó sea el "Duty of water." Dividiendo los 30,240 metros cúbicos de nuestra

presa entre el "Duty" 432, resulta 70, que es el número de hectáreas que pueden cultivarse de maíz.

Igual cosa se haría para saber lo que podría cultivarse de trigo con esa misma cantidad de agua y se obtendría en tres riegos que generalmente se dan á esta planta, 259,200 litros de "Duty," correspondientes á 116 hectáreas 6 décimos.

Si en vez de este pequeño depósito con 30,240 metros cúbicos se tiene una gran presa que almacene 3.024,000 metros cúbicos podían regarse 7,000 hectáreas de maíz ú 11,666.6 hectáreas de trigo, pues el cálculo es el mismo; en consecuencia, sabiendo el número de riegos y la cantidad de agua necesaria en cada uno, ó sea el Duty, se podrá saber la extensión de tierra que es posible cultivar de una planta determinada.

Repetiremos que la cantidad de agua necesaria para el riego de una hectárea, es sumamente variable, tánto como puedan serlo las diversas condiciones de clima, suelo y planta.

Para dar idea de estas variaciones, que pueden existir hasta en lugares muy próximos y de condiciones semejantes, citaré algunos datos prácticos que conozco: En varios lugares de Guanajuato y Michoacán, se emplean para el trigo cantidades que varían entre 175 y 275 y para el maíz cantidades que varían, entre 175 y 200 metros cúbicos por hectárea.

En el Estado de Morelos se emplean: para la caña de azúcar, de 600 á 1,000 metros cúbicos; para el arroz, 1,000 á 1,500 metros cúbicos.

Muchas personas han hecho experimentos sobre este asunto, pero los resultados no son conocidos; las Estaciones Agrícolas, creadas recientemente, ya han emprendido estos trabajos y dentro de poco tiempo tendremos datos más seguros para las diferentes regiones de nuestro país. En Europa y los Estados Unidos se ha estudiado mucho el problema y publicado numerosos datos que pueden consultarse en todas las buenas obras de Hidráulica.

Cantidad de agua necesaria durante la vegetación de algunas plantas

Consumo de agua en pulgadas por día en Alemania [*Risles*].

Pasto de praderas	0.134 á 0.267
Maíz	0.110 á 0.157
Trigo	0.106 á 0.110
Avena	0.140 á 0.193
Papa	0.038 á 0.055
Vid	0.031 á 0.035

Esta tabla indica que en cada estación se absorben de 10 á 30 pulgadas de lluvias, mientras que con el riego se absorbe mucho más.

Cantidad de agua en las Provincias Unidas de la India

PLANTAS	Altura de la capa de agua		Número de riegos	TOTAL
	Primer riego	Riegos subsecuentes		
	Pulgadas			
Trigo	3 00	2 23	4	10 6
Cebada	2 23	2 23	4	10 6
Papas	2 23	1 50		
Tabaco	2.23	1.50		
Algodón	....	....	4	10.6
Caña de azúcar	....	....	11	25 3
Arroz	....	....	....	96.0

Definición de "Duty of water"

El "Duty of water" es la relación que hay entre la superficie sembrada y el volumen de agua empleado desde que se prepara el terreno hasta que la planta madura. Así, un Cusec (equivalente á 28 litros) por segundo, corriendo continuamente durante 4 meses, madura 100 acres (40 hectáreas y media) de cosecha; el duty en este caso, es de 100 acres por cusec en 4 meses. Si un cusec corre solamente durante 10 días, regará 50 acres; el duty en este caso es de 50 acres por cusec en 10 días.

Esta es la expresión que usan los ingleses en la India, pero el "duty of water" se define de diferentes modos según la costumbre del país; así en los Estados Unidos se emplea el "acre feet." En Egipto el "duty" se expresa en un número de metros cúbicos necesarios para regar un "felddan" (2 hectáreas cuarenta y siete centésimos); mientras que en España y en Francia como en México, se dice tantos litros por segundo y por hectárea.

Fórmula del "Duty of water"

Sea:

D = á duty of water (número de hectáreas cosechadas por un metro cúbico de agua que corra continuamente durante un tiempo determinado).

B = base del duty (número de días de riego en que el metro cúbico de agua corre continuamente).

Se tiene:

$V = \frac{B}{D} \times 86{,}400m^3$. (volumen de agua necesaria para cosechar una hectárea).

$S = \frac{B}{D} \times 0^m.60\ \frac{1}{2}$ (altura de la capa que ocuparía toda el agua distribuída sobre la superficie irrigada).

En consecuencia:

Si x es el gasto ó aforo necesario para regar un número A de hectáreas, con un duty determinado D, y una base conocida B, se tendrá:

$$x = \frac{A}{D} = \frac{A\bar{S}}{B \times 0^m.60}$$

MEDIDAS AGRARIAS

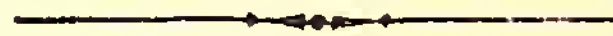
Para tierras

	Largo		Ancho	Caballerías de tierra	Hectáreas
	Varas				
1 sitio de ganado mayor........	5,000	×	5,000	41.023	1755.61
1 caballería de tierra...........	1,104	×	552	1	42.79
1 fanega de sembradura de maíz..........................	276	×	184	0.83	3.56
12 fanegas de sembradura ó sea una caballería de tierra...					42.79

Para Aguas

1 metro cúbico... = 1,000 litros.
1 buey de agua... = 48 surcos=1 vara cuadrada=612 lts. por segundo.
1 surco .... = 27 pulgadas cuadradas=6.5 lts. por segundo.

La medida antigua del buey de agua no era perfecta, porque no consideraban la altura de carga y que la cantidad de líquido que sale por un orificio es directamente proporcional á dicha altura de carga.



NOTA IMPORTANTE

Por equivocación se omitió la continuación del párrafo tercero, página 26, línea 40, que dice:

Sin embargo, el cloruro potásico es un abono comercial muy importante, y los peligros que ofrece son debidos á la poca pericia ó ignorancia de las personas que lo han empleado; porque es bien sabido que este abono no debe emplearse cuando la planta está en vegetación (con excepción de algunos casos especiales, como en los árboles); también es necesario ponerlo con anticipación con la última labor preparatoria, para que el cloruro potásico tenga tiempo de transformarse en carbonato de potasa, que como hemos dicho, es menos soluble, lo retiene más la tierra, es directamente asimilable y no es nocivo ni á la planta ni á los microbios útiles del suelo. Además, el cloruro de calcio que se forma al reaccionar con los carbonatos del suelo, como es eminentemente soluble, se disuelve en el agua y desaparece rápidamente de la zona que pueden alcanzar las raíces.

Es muy frecuente que algunas plantas como el tabaco y la caña de azúcar se perjudiquen y aun se pierdan aplicando este abono potásico, porque con una pequeña cantidad de clornro de calcio que se quede en la tierra después de la reacción con los carbonatos, es suficiente para clorotizar y aun destruir la planta. En estos casos conviene substituir el cloruro potásico por el sulfato.

Por las razones anteriores es conveniente que la aplicación de los abonos se haga por personas conocedoras del asunto, porque de otro modo los agricultores se exponen á fracasos, que á la vez que los perjudica grandemente, acarrean descrédito para el empleo de estas substancias tan indispensables en la agricultura racional.

Como regla general debe establecerse que el cloruro de potasio no debe de usarse para terrenos de secano, porque á causa de la falta de agua no puede disolverse el cloruro de calcio, que como he dicho anteriormente, es perjudicial á las plantas.

Otra omisión:

Página 105, línea 28, debía decir:

Los Sres. Eduardo y Alfredo de Noriega merecen nuestra gratitud, por los grandes beneficios que su obra ha proporcionado y seguirá produciendo en esa floreciente región de nuestro país.

EXPLICACION MAS DETALLADA

SOBRE EL CALCULO DE LAS PRESAS

En nuestro país se han destruído gran número de presas debido, casi siempre, á deficiencias en la cimentación ó en los cálculos de estabilidad, por este motivo consideramos necesario ampliar un poco el estudio de las presas é insistir en los puntos de mayor peligro.

Las precauciones que exige una presa varían con su importancia y con las circunstancias locales, pero hay que distinguir dos casos:

1º Construcción de muros para depósitos que no reciben aguas torrenciales y que en España les dan el nombre de pantanos.

2º Muros de contención para depósitos de aguas torrenciales.

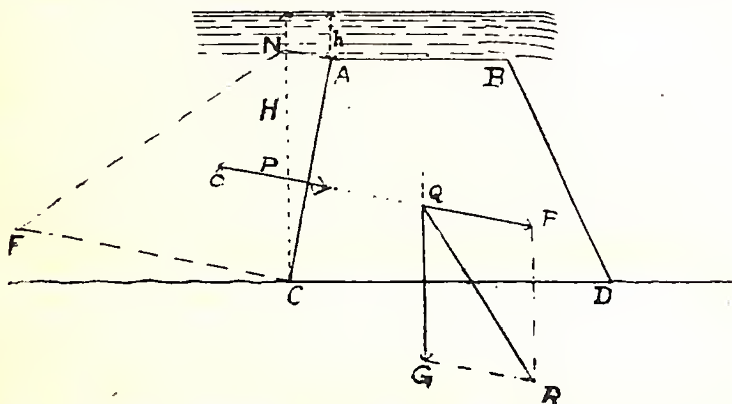
En el primer caso se calcula la presa como indicamos en las páginas 65 y 66, considerando para la presión del agua una altura normal, esto es, sin sobrecarga. (véase lámina 21).

Para calcular la estabilidad en el segundo caso, hay que considerar dos clases de presas; unas en que el agua excedente se vierte sobre ellas en toda su extensión, llamadas por esto "presas sumergidas" y las otras en que el excedente no pasa sobre el muro, ó lo hace solamente por una parte, llamada vertedor. En ambos casos se toma como base el empuje que produciría el agua en la mayor creciente. Debemos pues calcular la cantidad máxima de una creciente; para lo cual se toma el nivel más alto á que pueda haber llegado el agua y se deduce la sección máxima del río. La pendiente nos dará la velocidad que corresponde y sabiendo que el gasto es igual al producto de la sección por la velocidad, deduciremos el volumen mayor de agua, rectificando con los datos meteorológicos si los hay.

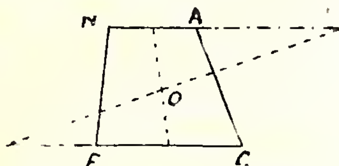
Ahora bien, cuando la presa es sumergida, como el agua de una creciente tiene que pasar sobre ella, la sobrecarga formará una capa de un espesor que llamaremos (h).

Para determinar las presiones en un metro lineal de mampostería, consideremos la presión del agua sobre el muro y la resistencia que éste opone. La presión del agua en el punto (A) del coronamiento de la presa será igual á (h) y la presión en el punto (C) de la base será igual á (H) (formada de la altura normal más la sobrecarga h); pero como las presiones se ejercen siempre perpendicularmente á las paredes, las columnas de agua que pesan sobre C y sobre

A serán perpendiculares á esos puntos; por lo tanto, si levantamos en A y C perpendiculares que representan á escala las líneas h y H respectivamente y unimos los puntos extremos F y N, obtendremos la figura de un trapecio A C F N (véase la figura adjunta) cuya superficie en metros cuadrados, multiplicada por la densidad del agua turbia (poco más de 1000 kgmos.), nos dará la presión total sobre



el muro. Para determinar el punto de aplicación de esta presión determinaremos el centro de gravedad del trapecio, para lo cual se prolonga el lado más corto N A de una cantidad igual al lado opuesto FC y el lado FC se prolonga una cantidad igual á NA; la recta que une los extremos de estas prolongaciones cortará á la que une los puntos medios de las bases NA y FC precisamente en el centro de



gravedad (o) como se ve en la figura más pequeña. Si bajamos desde el centro de gravedad una perpendicular al muro AC, tendremos la dirección y la cantidad de la presión P, tomando sobre esa recta la distancia que corresponda según la escala adoptada.

Haciendo la misma operación en el trapecio ABCD, tendremos que la superficie multiplicada por la densidad del metro cúbico de mampostería (al rededor de 2.200 kgms), nos dará el peso del muro, y determinando el centro de

gravedad (Q) de este trapecio, tendremos el punto de aplicación de la resistencia G.

Transportando la fuerza (P) hasta encontrar la vertical que pasa por (Q), construiremos con los valores de (P) y (G) un paralelogramo, cuya diagonal representará en dirección é intensidad la resultante R de las presiones.

Para que haya equilibrio se necesita que R pase entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{2}$ de la base.

Cuando el agua no debe pasar sobre la presa, se calculará como en las páginas 65 y 66, pero *considerando siempre, la altura máxima H.*

La cimentación de la presa es otro punto peligroso y por eso se le da tanta importancia. La escavación debe profundizarse siempre hasta encontrar piedra ó terreno de resistencia suficiente para soportar las presiones del muro y del agua; sin esta condición se corre el riesgo de un hundimiento desigual que puede ocasionar graves perjuicios y también que el agua socavando el suelo debajo del cimiento haga sifón y destruya la base del muro.

Perfil de una presa de cualquiera altura

Los calculos técnicos de las grandes presas son largos y minuciosos y están más sujetos á error que el método gráfica. algunos ingenieros lo hacen de ambos modos para comprobar.

Secuela del procedimiento

Se comienza por fijar el espesor del coronamiento, que en las grandes presas no puede ser menor de 4 ó 5 metros, porque debe tener resistencia á los choques y facilitar el tráfico

Habiendo fijado el ancho de coronamiento y determinada. la densidad de la mamposteria, se calcula la altura hasta la cual el espesor puede permanecer constante cuando los paramentos son verticales.

Cuando la altura alcanza ese límite,el paramento de adelante puede permanecer vertical, pero el de atras tiene que inclinarse. Para determinar ésto se consideran secciones de metro en metro y se constituye gráficamente la resultante de las presiones sobre la base de cada tramo suponiendo al depósito siempre lleno; así se llega á conocer la presión máxima sobre la arista de atrás; pero como se ha dado á la base una longitud arbitraria, será necesario aumentar ó disminuir esa longitud, según que la presión máxima sea superioró inferior al límite; de este modo se llegará rápidamente, después de tres ó cuatro tanteos á determinar la longitud correspondiente á la presión límite. No hay que olvidar que en estos cálcu-

los nunca se busca una exactitud matemática, ni se calculan decimales numerosas.

Se pasa así de un tramo á otro y se obtiene el contorno poligonal del paramento de atrás, es decir, como si el depósito estuviese lleno.

Cuando se ha llegado á la profundidad á la cual el paramento anterior debe probablemente dejar de ser vertical, se comienzan de nuevo las operaciones suponiendo vacío el depósito, en cuyo caso la presión máxima se produce sobre el paramento anterior; cuando esta presión ha llegado al límite fijado debe abandonarse la verticalidad del paramento de adelante, dándole un talud. Hecho esto. se vuelve á comenzar la operación considerando el depósito lleno, de lo que resultará un cambio en más ò en menos para el talud encontrado antes; el nuevo espesor se vuelve á combinar y así después de varios ensayos se llega á fijar los dos espesores, correspondientes á la presión límite para el depósito lleno ó vacío. Los tanteos se complican porque se tienen dos elementos variables para la base de cada tramo, que son: el espesor en el paramento de adelante y el que corrresponde al paramento de atrás y que á cada valor de uno de ellos se tiene que comparar muchos valores del otro á fin de encontrar el que corresponde á la presión límite.

Tanto él método gráfico como el método algebraico conducen á los perfiles de paramentos poligonales que serían defectuosos, pero esos ángulos pueden redondearse recortándolos tangencialmente, por medio de arcos de círculo el perfil que se obtiene en este caso es el llamado: "perfil económico" y que esta representado en la (lámina 19).

En resúmen, según M. Kronts, un muro de contensión debe presentar el perfil de un luchador que se prepara á recibir un choque, y que bien afirmado sobre sus piernas abiertas, ha llevado una de ellas un poco hacia delante, mientras que la otra sirviendo de contrafuerte, está muy hacia atrás.

APLICACION AL CALCULO DE LOS CANALES

Para desarrollar cualquier proyecto de irrigación, ó drenaje descubierto, se necesita estudiar:

1 °. La cantidad de agua que deba conducirse.
2 °. La topografía del terreno.
3 °. La constitución geológica del mismo.

Cantidad de agua

La base de que debemos partir y que necesitamos conocer en primer lugar es, la cantidad de agua que debe con-

ducirse en la unidad de tiempo ó gasto del canal, la cual se calcula *considerando siempre el volúmen máximo* que pueda sobrevenir en un momento dado.

Las condiciones del cálculo varían según se trate de canales de riego, ó para desecación. En el primer caso hay que notar que el agua corre á voluntad y es regulada por compuertas de acuerdo con las necesidades del cultivo, mientras que en el segundo corre libremente por los canales y está sujeta á sufrir en cualquier tiempo aumentos bruscos que provengan de grandes crecientes, roturas de presas, etc.; accidentes que siempre deben preverse y tenerse en cuenta para los canales de desecación. En el caso de canales de riego no se toman en cuenta estos accidentes porque para evitar sus efectos, basta impedir la entrada del agua cerrando las compuertas.

El gasto de un canal depende de la sección y de la velocidad del agua; pero como la velocidad varía con la pendiente y ésta no se puede modificar, porque es necesario fijarla con relación á la naturaleza de la tierra, resulta que la velocidad es invariable y para obtener el gasto dado solamente podemos modificar la sección. De esto deducimos que es necesario conocer de antemano la cantidad de agua disponible.

Topografía del terreno

Conociendo la topografía del terreno podremos localizar el canal, conocer su longitud, las obras de arte que se deben ejecutar y la extensión máxima de terreno regable con el agua de que se dispone.

Constitución geológica del terreno

El estudio de la constitución geológica del terreno nos dá á conocer la naturaleza de las tierra, datos que sirve para fijar el límite de la pendiente y la forma de la sección del canal, porque los suelos de arcilla compacta, piedra, etc. resisten tanto más la eroción de la corriente, cuanto mayor es su dureza ó compacidad, y por lo mismo se podrá dar mayor pendiente á los canales; al contrario, en los suelos de arena, arcilla suelta y otros. que resisten menos la eroción, deberá darse menor pendiente para evitar que el canal se desgaste y destruya por la acción de la corriente. Esta misma composición de la tierra influye para determinar la forma de la sección, porque hay que tener en cuenta el talud natural de las tierras que en general disminuye á medida que aumenta su compacidad.

El estudio geológico debe hacerse tanto en el suelo como en el subsuelo, porque el conocimiento de sus propiedades [permeabilidad, poder absorbente, capilaridad, etc.] nos suministra uno de los datos importantes para calcular la extensión regable con el agua disponible. Además, como la longitud del canal depende también de la pendiente y ésta á su vez de la constitución geológica del terreno, se comprenderá cuan importante es el conocimiento de estos datos

Hechos los estudios anteriores se procede al:

Cálculo de los canales

En el caso de canales para riego el problema se reduce solamente á determinar la sección, porque el gasto debe darse de antemano de acuerdo con la extensión de la tierra que puede regarse en determinado tiempo, dotación del canal, y la velocidad se fija con relación á la pendiente máxima que soporten las tierras. Este problema se tratará más adelante en las aplicaciones de las fórmulas.

En el caso de canales de desecación, se comienza por conocer la mayor altura de lluvia que cae en la comarca durante un tiempo (t) en las mayores precipitaciones, tomando los datos en la oficina meteorológica más próxima; esa altura se multiplica por la superficie de toda la cuenca que vierte sus aguas al lugar considerado, lo que dará un volúmen que nunca es el verdadero, porque hay que restarle las pérdidas por evaporación y filtración, que dependen del clima, topografía y constitución del terreno. Para fijar los valores de cada uno de estos factores, se tendrá en cuenta que para una tierra de permeabilidad media (45 á 50%) la repartición del agua es más ó menos así:

Evaporación	18 á 22 %
Filtración	25 á 32 ,,
Escurrimiento	45 á 52 ,,

Por lo cual se ha deducido que el volumen de agua que escurre es aproximadamente los $\frac{48}{100}$, es decir, la mitad del agua caída. Esta cantidad varía también con la mayor ó menor pendiente.

Para otras tierras deberá recordarse que á mayor permeabilidad del terreno tendrá que haber menor escurrimiento y viceversa. Para mayor exactitud se consultarán los datos que traen las obras de hidráulica para diversas clases de tierras.

Con los datos anteriores estaremos en aptitud de conocer el gasto, por la fórmula:

$$Q = \frac{h \times s - f - e}{t}$$

cuyas literales están explicadas en la página 102. A esta cantidad debe agregarse el gasto de los manantiales, desagües de presas, etc., que se encuentren dentro de la cuenca y obtendremos la cantidad de agua que es necesario evacuar en un tiempo dado (t).

Conocido este tiempo (12 horas por ejemplo) no faltará más que buscar la sección del canal que pueda dar ese gasto; igualaremos entonces los valores:

$$Q = \frac{h \times s - f - e}{t} S \times v$$

y el problema se reducirá al caso de canales de riego.

Fórmulas y seouela de los cálculos.

El movimiento del agua en los canales se retarda por las resistencias que tiene que vencer tanto al chocar sus moléculas unas con otras, como al frotar contra las paredes del canal.

Los valores de esas resistencias no se han podido obtener matemáticamente, y después de hipótesis más ó menos cercanas á la realidad se ha deducido que, cuando el movimiento del agua es uniforme, la *relación* entre la velocidad media, la pendiente, la sección y el perímetro mojado se puede expresar así:

Según Prony y Etelwin.... $Ri = a\,v + b\,v^2 \begin{cases} a = 0'0000\ 44 \\ b = 0'0000309 \end{cases}$

,, Saint Venan........ $Ri = 0'000\,4\,v^2$

,, Darsy y Bazin....... $Ri = M\,v^2$

Fórmulas en las cuales R es la relación que hay entre la sección S y el perímetro mojado P llamada *radio medio*; *i* es la pendiente por metro v, la velocidad media y las demás letras representan coeficientes determinados experimentalmente.

Con estas fórmulas se han constituido tablas como la siguiente, que extractamos de la de M. Bazin:

Tabla de los valores de $M = \frac{Ri}{v^2}$ calculados para diferen-

tes clases de paredes, y valores de R comprendidos entre 0’01^{m} y 2^{m}.

Valores de R	Valores de $\frac{Ri}{V_2} = M$			
	Paredes muy unidas, ej. cemento.	Paredes lisas, ej piedra.	Paredes poco unidas, ej tierra y piedra	Paredes de tierra.
001	0‘000600	“	“	“
010	0‘000195	0‘000323	0’000840	0‘003780
020	0‘000172	0‘000256	0’000540	0‘002030
030	0‘000165	0‘000234	0’000440	0’001447
040	0‘000161	0‘000223	0’000390	0‘001155
050	0‘000159	0‘000217	0’000360	0‘000980
060	0‘000158	0‘000212	0’000340	0‘000863
070	0‘000156	0‘000209	0’000326	0‘000780
080	0‘000156	0‘000207	0‘000315	0‘000718
090	0‘000155	0‘000205	0‘000307	0‘000669
100	0‘000155	0‘000203	0‘000300	0‘000630
110	0‘000154	0‘000202	0‘000295	0‘000598
120	0‘000154	0‘000201	0‘000290	0‘000572
130	0‘000153	0‘000200	0‘000286	0‘000549
140	0‘000153	0‘000199	0‘000283	0‘000530
150	0‘000153	0‘000199	0‘000280	0‘000513
160	0‘000153	0‘000198	0‘000277	0‘000499
170	0‘000153	0 000198	0‘000275	0‘000486
180	0‘000153	0‘000197	0‘000273	0‘000474
190	0‘000152	0‘000197	0‘000272	0‘000464
200	0‘000152	0‘000197	0‘000270	0‘000455

APLICACION DE LAS FORMULAS ANTERIORES

A LA RESOLUCION DE ALGUNOS CASOS

1er. CASO. *Conocida la sección y la pendiente de un canal, determinar el gasto.*

Conociendo la sección, podremos determinar el perímetro mojado, y por tanto el radio medio que es $R = \frac{S}{P}$

Con este valor de R se busca en la tabla el valor correspondiente del coeficiente M de la fórmula de Darey y Bazin · Ri M V^{2}, de donde se obtiene $V^{m} = \sqrt{\frac{Ri}{M}}$

Conocida la velocidad media, basta multiplicarla por la sección para obtener el gasto, puesto que Q = S x V.

2º Caso. Conocidos el gasto y la sección, determinar *la pendiente:*

Dada la sección, determinaremos el perímetro mojado y el radio medio como en el caso anterior $R = \frac{S}{P}$ La velocidad media V se deduce de la relación $V = \frac{Q}{P}$

Hechas las operaciones anteriores, con el valor de R buscamos en la tabla el valor correspondiente de M de la fórmula $Ri = Mv_2$, en la cual la pendiente $i = \frac{Mv^2}{R}$,cuyos valores se conocen.

Para las necesidades de la práctica, en canales de tierra, se toma el coeficiente M = 0'0004 que conduce á la fórmula simplificada $V = 50 \sqrt{Ri}$, y con la cual no es necesario recurrir á las tablas.

3er. Caso. Conociendo el gasto y la pendiente determinar la sección del canal.

Como dijimos, este problema es el que se necesita resolver para establecer un canal, los problemas anteriores se emplean en caso de ríos, ó canales ya construídos.

Para resolver el 3er. caso, se comienza por adaptar una sección de dimenciones más ó menos aproximadas, pero cuya forma se determina de acuerdo con la naturaleza de la tierra, haciendo variar el ángulo de los taludes según se trate de arena, arcilla, piedra, etc. Hecho lo anterior, el problema consiste en determinar por tanteos la linea de agua, ó sea la altura que el agua debe tener en la acción que hemos admitido; de este modo se obtendrá un gasto, que en cada tanteo se irá aproximando más al verdadero. Si en el primer ensayo resulta un gasto mayor que el propuesto, se baja la línea de agua, con lo cual se reducirá la superficie de la sección y por consiguiente el gasto; lo contrario se hará cuando resulte menor.

La sección calculada así, corresponde á la capa de agua; para que ésta no se derrame se elevan más las paredes del canal.

Valores de la velocidad v, para diferentes tierras, cuando el canal empieza á ser destruído por la corriente:

Tierras humíferas....	0.076
Arcilla suelta	0'152
Arena	0'305
Guijarros..................................	0'614
Rocas en capas............................	1'830
Rocas duras...............................	3'050

Talud natural de algunas tierras.

Arena pura muy seca	21°
Tierra arcillosa húmeda	35°
Tiera vegetal fina. Arena terrosa	46°
Tierra franca	58°
Arcilla pura	55°
Turba	80°

Modo de medir el agua.

Para medir el gasto de un río se comienza por escoger un tramo de (20 metros, por ejemplo), que no sea muy irregular y en él se determinan la seción y la velocidad.

La velocidad se determina dividiendo la distancia que recorre un flotador entre el tiempo transcurrido. Se mide un tramo del río y se suelta el flotador algunos metros antes del primer punto, procurando quede en el centro de la corriente; dos observadores provistos de relojes que marquen la misma hora, anotan el momento en que el flotador pasa por cada extremo, la diferencia de observaciones será el tiempo que tardó el flotador en recorrer la distantrncia. Repitiendo la aperación 3 ó 4 veces se obtendrá un promedio aproximado á la velocidad del agua en la superficie. La velocidad media es igual á 0'80 de velocidad superficial.

Para determinar la sección, se coloca perpendicularmente á la corriente y bien restirada, una cuerda [véase la figura) que lleve marcas ó nudos de metro en metro (ó á otras



distancias mayores ó menores según la exactitud que se desea) en cada uno de los cuales se toma la profundidad del agua. Con esos datos podremos determinar la superficie y la forma de la sección, pero para mayor exactitud se miden varias secciones en el tramo elegido y se acepta el promedio de ellas.

El gasto es igual al producto de la sección por la velocidad media según la fórmula $Q = S \times V$.

INDICE

Págs.

PRIMERA PARTE

Estudio Analítico

Capítulo 1.°—El agua en la atmósfera

Capítulo 2.°—Estudio del agua en el suelo

Capítulo 3.°—Estudio del agua en el vegetal

SEGUNDA PARTE

Estudio Sintético

Perjuicios del agua

Apéndice



